П.Г.Куликовский

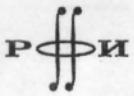
СПРАВОЧНИК ✦ ЛЮБИТЕЛЯ ✦ АСТРОНОМИИ

Под редакцией
В.Г.Сурдина

Издание пятое,
переработанное
и полностью
обновленное

УРСС
Москва • 2002

ББК 22.3я2, 22.39*, 22.6



Настоящее издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 98–02–30047)

Куликовский Петр Григорьевич

Справочник любителя астрономии / Под ред. В. Г. Сурдина. Изд. 5-е, перераб. и полн. обновл. — М.: Эдиториал УРСС, 2002. — 688 с.

ISBN 5–8360–0303–3

В справочнике излагаются задачи и методы современной астрономии, дается описание небесных объектов — звезд, планет, комет и др. Описываются методы астрономических наблюдений, доступных скромным средствам любителей. Обширный справочный материал полностью обновлен и отражает достижения последних лет.

Для астрономов-любителей, студентов, преподавателей астрономии и физики. Полезна также специалистам-астрономам и исследователям в смежных областях науки.

Издательство «Эдиториал УРСС». 113208, г. Москва, ул. Чертановская, д. 2/11, к. п.
Лицензия ИД № 03216 от 10.11.2000 г. Гигиенический сертификат на выпуск книжной продукции № 77.ФЦ.8.953.П.270.3.99 от 30.03.99 г. Подписано к печати 05.10.2001 г.
Формат 70 × 100/16. Тираж 2300 экз. Печ. л. 43. Зак. № 292.

Отпечатано в АООТ «Политех–4». 129110, г. Москва, ул. Б. Переяславская, 46.

9 785836 003036 >

ISBN 5–8360–0303–3

© Эдиториал УРСС, 2002

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, если на то нет письменного разрешения Издательства.

Оглавление

Предисловие 9

Введение: астрономия и ее разделы 11

Этапы развития астрономии 14

Хронология астрономии 20

Глава 1. Общие сведения о Земле, Луне, Солнце, Солнечной системе и Вселенной 46

§ 1.1. Земля 46
1.1.1. Строение и движение Земли 46
1.1.2. Земная атмосфера 56
1.1.3. Приливы 63
§ 1.2. Луна 64
§ 1.3. Пылевые спутники Земли 74
§ 1.4. Солнце 75
§ 1.5. Солнечная система 91
§ 1.6. Планеты 93
1.6.1. Меркурий 95
1.6.2. Венера 97
1.6.3. Марс 98
1.6.4. Малые планеты — астероиды 101
1.6.5. Юпитер 106
1.6.6. Сатурн 109
1.6.7. Уран 112
1.6.8. Нептун 113
1.6.9. Плутон 115
§ 1.7. Кометы 117
§ 1.8. Метеоры. Метеориты. Зодиакальный свет и противосияние 124
§ 1.9. Происхождение планет и комет 132
§ 1.10. Звезды 134
1.10.1. Созвездия 135
1.10.2. Звездные атласы 136
1.10.3. Блеск звезд 136
1.10.4. Цвета и температуры звезд 140
1.10.5. Спектры звезд 142
1.10.6. Расстояния и светимости звезд 146
1.10.7. Диаграмма lquote спектр—светимостьrquote 150
1.10.8. Диаметры звезд 153
1.10.9. Движения звезд 155
1.10.10. Двойные и кратные звезды 157
1.10.11. Массы звезд 161
1.10.12. Плотности звезд 163
1.10.13. Напряжение силы тяжести на поверхности звезды 164
1.10.14. Магнитные поля звезд 164
1.10.15. Вращение звезд 165
1.10.16. Переменные звезды 166
§ 1.11. Млечный Путь 173
§ 1.12. Звездные скопления 176
§ 1.13. Звездные ассоциации 180

§ 1.14. Галактические туманности . . . 182
§ 1.15. Подсистемы и составляющие Галактики . . . 186
§ 1.16. Галактика. Ее форма, вращение . . . 188
§ 1.17. Галактики . . . 189
§ 1.18. Радиоастрономия . . . 199
§ 1.19. Происхождение и эволюция звезд . . . 207

Глава 2. Некоторые сведения по математике . . . 213
§ 2.1. Обозначения больших и малых чисел . . . 213
§ 2.2. Измерение углов . . . 214
§ 2.3. Элементы сферической тригонометрии . . . 215
§ 2.4. Конические сечения . . . 217
§ 2.5. Интерполяция и экстраполяция . . . 218
§ 2.6. О погрешностях наблюдений . . . 220
§ 2.7. О представлении распределения гауссовой кривой . . . 222
§ 2.8. Корреляция . . . 224
§ 2.9. Способ наименьших квадратов . . . 225

Глава 3. Краткие сведения из общей астрономии . . . 227
§ 3.1. Астрономические координаты . . . 227
3.1.1. Системы координат . . . 227
3.1.2. Переходы между астрономическими системами координат . . . 236
3.1.3. Рефракция . . . 236
3.1.4. Сумерки . . . 238
§ 3.2. Измерение времени . . . 239
3.2.1. Звездное время . . . 240
3.2.2. Видимое движение Солнца среди звезд и измерение времени . . . 242
3.2.3. Международная линия изменения даты . . . 249
3.2.4. Календарь . . . 250
3.2.5. Мировой календарь . . . 251
§ 3.3. Прецессия. Нутация . . . 252
3.3.1. Прецессия . . . 252
3.3.2. Нутация . . . 254
§ 3.4. Движение Луны. Затмения . . . 255
3.4.1. Затмения . . . 256
§ 3.5. Движение планет и комет . . . 262
3.5.1. Элементы планетных и кометных орбит . . . 269
§ 3.6. Спектральный анализ . . . 271
3.6.1. Определение температуры . . . 273
3.6.2. Лучевые скорости . . . 275
3.6.3. Магнитные поля . . . 276

Глава 4. Астрономические инструменты. Подготовка к наблюдениям . . . 277
§ 4.1. Астрономические трубы и телескопы . . . 277
4.1.1. Фотографирование ночного неба . . . 282
4.1.2. Бинокль . . . 284
4.1.3. Любительский рефрактор . . . 285
4.1.4. Менисковые телескопы . . . 288
§ 4.2. Изготовление оптики для самодельного астрономического телескопа . . . 290
§ 4.3. Вспомогательные приборы . . . 295
4.3.1. Кольцевой микрометр . . . 295
4.3.2. Проволочный микрометр . . . 297
4.3.3. Фотометры . . . 298
4.3.4. Светофильтры . . . 300
4.3.5. Спектроскоп . . . 300
§ 4.4. Об установке параллактического штатива трубы . . . 301

§ 4.5. Служба времени наблюдателя . . . 304
4.5.1. Часы . . . 304
§ 4.6. Астрономический календарь . . . 306
§ 4.7. О предсказании погоды . . . 307

Глава 5. Астрономические наблюдения . . . 308

§ 5.1. Наблюдения Солнца . . . 308
5.1.1. Визуальные наблюдения Солнца . . . 308
5.1.2. Наблюдения факелов . . . 314
5.1.3. Фотографические наблюдения Солнца . . . 315
5.1.4. Наблюдения солнечных затмений . . . 316
§ 5.2. Наблюдения Луны . . . 317
5.2.1. Фотографирование Луны . . . 319
5.2.2. Покрытие звезд Луной . . . 319
§ 5.3. Наблюдения лунных затмений . . . 321
§ 5.4. Наблюдения планет . . . 322
5.4.1. Венера . . . 324
5.4.2. Марс . . . 325
5.4.3. Малые планеты . . . 327
5.4.4. Юпитер . . . 327
5.4.5. Сатурн . . . 329
§ 5.5. Наблюдения комет . . . 330
5.5.1. Фотографирование комет . . . 333
§ 5.6. Наблюдения метеоров . . . 334
5.6.1. Общие указания к наблюдениям . . . 334
5.6.2. Организация наблюдений . . . 335
5.6.3. Основные задачи наблюдений . . . 336
5.6.4. Изучение метеорных потоков . . . 336
5.6.5. Изучение спорадических метеоров . . . 337
5.6.6. Определение высот метеоров . . . 338
5.6.7. Наблюдения метеорных следов . . . 338
5.6.8. Счет метеоров активных потоков . . . 339
5.6.9. Счет метеоров слабых потоков и спорадических метеоров . . . 341
5.6.10. Двойной счет метеоров . . . 342
5.6.11. Многократный счет метеоров . . . 343
5.6.12. Изучение радиантов слабых потоков . . . 344
5.6.13. Наблюдения с целью определения высот метеоров . . . 345
5.6.14. Фотографирование метеоров . . . 347
5.6.15. Наблюдения следов метеоров . . . 348
§ 5.7. Наблюдение болидов и падений метеоритов . . . 349
§ 5.8. Наблюдения переменных звезд . . . 353
5.8.1. Визуальные наблюдения . . . 353
5.8.2. Счет времени. Юлианские дни . . . 355
5.8.3. Световое уравнение . . . 356
5.8.4. Средняя кривая. Световые элементы . . . 356
5.8.5. О фотографических наблюдениях переменных звезд . . . 359
§ 5.9. Заключение . . . 361

Глава 6. Астрономическая библиография . . . 363

Таблицы 383

Общий отдел . . . 385

1. Астрономические знаки, обозначения и сокращения . . . 385
2. Греческий и латинский алфавиты . . . 386
3. Единицы длины . . . 386

4. Некоторые математические величины . . . 387
5. Некоторые физические постоянные . . . 388
6. Химические элементы . . . 388
7. Распределение электронов в атомах различных элементов . . . 392
8. Алфавитный перечень русских названий химических элементов . . . 392
9. Международная система единиц (СИ) . . . 395
10. Астрономические постоянные . . . 396

Солнечная система . . . 399

11. Данные о Земле . . . 399
12. Геохронологическая шкала . . . 400
13. Атмосфера Земли: изменение физических параметров с высотой . . . 401
14. Длина дуги меридиана и длина дуги параллели земной поверхности . . . 401
15. Продолжительность самого длинного и самого короткого дня на разных широтах . . . 402
16. Продолжительность полярного дня и полярной ночи на разных широтах . . . 403
17. Данные о Луне . . . 403
18. Даты новолуний . . . 404
19. Освещенность, создаваемая Луной при разных углах фазы . . . 405
20. Затмения Луны с 2001 по 2040 гг. . . . 406
21. Данные о Солнце . . . 408
22. Химические элементы в атмосфере Солнца . . . 410
23. Солнечные пятна: среднегодовые числа Вольфа с 1700 по 2000 гг. . . . 411
24. Солнечные затмения с 2001 по 2040 гг. . . . 412
25. Элементы орбит планет Солнечной системы . . . 415
26. Физические характеристики планет Солнечной системы . . . 416
27. Условия солнечного облучения и освещенности на планетах . . . 417
28. Спутники планет: параметры движения . . . 417
29. Спутники планет: физические параметры . . . 420
30. Короткопериодические кометы, наблюдавшиеся в двух и более появлениях . . . 422
31. Наименование и светимость периодических комет . . . 425
32. Астероиды: элементы орбит некоторых малых планет . . . 429
33. Большие метеорные потоки . . . 430

Координаты Солнца . . . 431

34. Поправка K за начало года . . . 431
35. Координаты Солнца через каждые 3 дня . . . 431
36. Эфемериды для наблюдений Солнца . . . 434
37. Поправка гелиографической долготы Δl . . . 435
38. Поправка гелиографической широты Δb . . . 435

Прецессия . . . 436

39. Годовая прецессия по склонению . . . 436
40. Годовая прецессия по прямому восхождению . . . 437

Звезды, звездные скопления, туманности . . . 439

41. Названия и обозначения созвездий . . . 439
42. Названия созвездий (в алфавитном порядке латинских названий) . . . 441
43. Собственные имена некоторых ярких звезд . . . 444
44. Двадцать самых ярких звезд неба . . . 444
45. Ближайшие к Солнцу звезды (до 4,1 пк) . . . 445
46. Каталог всех звезд ярче $4{,}5^m$ . . . 447
    1. Основные данные . . . 448
    2. Дополнительные данные . . . 492
47. Список звезд ярче $4{,}5^m$ в порядке возрастания прямых восхождений . . . 542
48. Северный Полярный Ряд . . . 552
49. Яркие члены звездного скопления Плеяды . . . 553
50. Фотометрические стандарты в системе @it UBV (звездные скопления) . . . 555
51. Некоторые яркие двойные звезды . . . 570
52. Некоторые яркие двойные звезды с резким различием цветов . . . 573

53. Переменные звезды типа RR Лиры, δ Щита и затменные переменные, рекомендуемые для наблюдения в бинокль или небольшую трубу . . . 574
54. Список некоторых ярких переменных звезд разных типов . . . 579
55. Звезды сравнения для переменных U Gem и вспыхивающих переменных звезд . . . 583
56. Яркие галактические рассеянные скопления . . . 586
57. Звездные ассоциации . . . 587
58. Яркие шаровые скопления Галактики . . . 589
59. Яркие галактические планетарные туманности . . . 591
60. Яркие диффузные туманности . . . 592
61. Яркие галактики . . . 592
62. Галактические источники радиоизлучения . . . 595
63. Внегалактические источники радиоизлучения . . . 596
64. Радиопульсары . . . 597
65. Источники рентгеновского излучения . . . 597
66. Местная группа галактик . . . 600
67. Некоторые скопления галактик . . . 601

Некоторые астрофизические данные . . . **602**

68. Поглощение света в земной атмосфере . . . 602
69. Средняя рефракция . . . 602
70. Поправка к средней рефракции за температуру воздуха . . . 603
71. Поправка к средней рефракции за барометрическое давление . . . 603
72. Распределение энергии в спектре Солнца . . . 604
73. Основные линии солнечного спектра, наблюдаемого с поверхности Земли . . . 605
74. Относительная спектральная чувствительность глаза . . . 605
75. Абсолютные звездные величины (M_V) звезд различных последовательностей диаграммы Герцшпрунга—Рассела . . . 606
76. Болометрические поправки (BC) в зависимости от спектрального класса и класса светимости . . . 607
77. Эффективные температуры звезд (T_e) в зависимости от спектрального класса и класса светимости . . . 607
78. Нормальные показатели цвета $(B-V)_0$ и $(U-B)_0$ звезд в зависимости от спектра и класса светимости . . . 608
79. Массы, радиусы и средние плотности звезд . . . 609

Счет времени. Переводные таблицы . . . **610**

80. Перевод промежутков среднего времени в промежутки звездного. Поправка звездного времени для разных долгот . . . 610
81. Перевод промежутков звездного времени в промежутки среднего . . . 611
82. Порядковый счет дней в году . . . 612
83. Доля тропического года, протекшая к 0^h мирового времени каждого дня . . . 613
84. Юлианский период . . . 615
85. Перевод долей дня в часы . . . 617
86. Перевод часов, минут и секунд в доли суток . . . 618
87. Перевод минут и секунд градусной меры (или часовой) в доли градуса (или часа) . . . 620
88. Перевод часовой меры углов в градусную . . . 621
89. Перевод долей градуса (или часа) в минуты и секунды . . . 621
90. Перевод градусной меры углов в часовую . . . 622

Астрономические инструменты и фотообъективы . . . **623**

91. Обозначения отечественных астрономических приборов и инструментов . . . 623
92. Характеристики некоторых отечественных фотообъективов . . . 625

Координаты городов и обсерваторий . . . **626**

93. Координаты городов . . . 626
94. Координаты обсерваторий . . . 629

Приложения 635

1. Полная карта Луны . . . 637
Список главнейших образований на поверхности Луны . . . 637
Кратеры полярных областей . . . 638
Кратеры основной карты . . . 639
2. Карта поверхности Марса . . . 650
Крупные образования рельефа на Марсе . . . 652
Кратеры диаметром более 100 км на Марсе . . . 653
3. Звездный атлас (пять звездных карт всего неба) . . . 656
4. Карта экваториальных созвездий . . . 662
5. Ортографическая сетка для обработки наблюдений Солнца . . . 663
6. Координатные сетки для наблюдений Марса и Юпитера . . . 667
7. Равновеликая проекция небесной сферы . . . 668
8. Номограмма для приближенного определения момента звездного времени . . . 669
9. Номограмма для определения светового уравнения и проекции орбитальной скорости Земли на луч зрения . . . 670

Указатель имен . . . **672**

Предметный указатель . . . **678**

Таблицы в тексте

I. Строение Земли . . . 54
II. Химический состав Земли . . . 55
III. Состав сухого воздуха земной атмосферы на уровне моря . . . 59
IV. Астероиды-троянцы . . . 105
V. Кольца Сатурна . . . 112
VI. Параметры орбит кометы 1866 I и метеорного потока Леонид . . . 129
VII. Округленное число всех звезд до данной звездной величины . . . 139
VIII. Среднее число звезд на один квадратный градус. Галактическая концентрация звезд . . . 139
IX. Шкала цветов звезд . . . 140
X. Цвета некоторых ярких звезд . . . 140
XI. Характеристики спектральных классов по Гарвардской классификации . . . 143
XII. Соотношение между расстоянием, параллаксом и модулем расстояния . . . 149
XIII. Соотношение между абсолютной звездной величиной и светимостью . . . 149
XIV. Относительная численность звезд различных спектральных классов в окрестностях Солнца . . . 152
XV. Угловые размеры звезд . . . 154
XVI. Связь болометрической абсолютной величины с массой для звезд главной последовательности . . . 162
XVII. Светимости, массы и напряжения силы тяжести звезд в зависимости от спектра 164
XVIII. Составляющие и подсистемы нашей Галактики . . . 187
XIX. Наименование чисел . . . 213
XX. Множители, приставки и их наименования . . . 213
XXI. Дальность горизонта в зависимости от высоты наблюдателя . . . 228
XXII. Поправка к всемирному времени . . . 241
XXIII. Приблизительные даты вступления Солнца в созвездия и знаки Зодиака . . . 243
XXIV. Координаты Солнца в моменты равноденствий и солнцестояний . . . 243
XXV. Проект единого Мирового календаря . . . 251
XXVI. Попятное движение планет . . . 264
XXVII. Относительные расстояния точек либрации . . . 268
XXVIII. Оценка качества изображения . . . 281
XXIX. Значения светочувствительности фотоматериалов в разных системах . . . 283
XXX. Некоторые отечественные бинокуляры, монокуляры, зрительные трубы и телескопы . . . 289
XXXI. Расстояния от Земли, видимые угловые размеры и звездные величины планет . 323
XXXII. Периоды вращения и амплитуды колебаний блеска некоторых малых планет . . 327

Предисловие

При подготовке этого издания перед автором стояла задача гораздо более трудная, чем раньше. Разумеется, основной задачей книги является разнообразная помощь любителю астрономии в планировании и проведении его практической деятельности. В то же время, за последние 15–20 лет произошло так много увлекательных открытий, о которых грех был бы не рассказать читателю! Тут и кольца Юпитера, Урана и Нептуна, спутники у некоторых астероидов, панорамы поверхности Венеры и Марса, переданные на Землю космическими аппаратами, тут и изображения спутников Юпитера, снятые «в цвете» с самого близкого расстояния. А открытия в мире галактик, квазаров! Впрочем, вернемся к делу.

История астрономии знает немало примеров того, как простой интерес к науке превращался в серьезное увлечение, а любитель, приобретая необходимые знания и навыки, становился профессионалом. Задача «Справочника» — всемерно способствовать этому процессу, а также расширять круг интересующихся астрономией.

Изложение основ науки (гл. 1) и обзор современных данных о Вселенной (гл. 1 и таблицы) не претендуют на то, чтобы дать полное изложение всех деталей затронутых вопросов. Книги, указанные в гл. 6, а также текущая журнальная литература углубят полученные знания.

Все фактические данные и числовые значения различных постоянных пересмотрены. При этом, однако, весьма сложной проблемой осталась выработка системы внутренне согласованных их значений. Многочисленные и разнородные систематические погрешности наблюдений, из которых выводятся различные постоянные, усложняют составление согласованной системы. С учетом этих трудностей читатель должен пользоваться данными, приводимыми иногда с избыточной точностью. Иначе говоря, он должен брать столько значащих цифр, сколько требует каждая конкретная задача.

Пересмотрены описания наблюдений различных объектов, добавлен ряд новых разделов, пересмотрены таблицы. Широкое распространение карманных калькуляторов и настольных компьютеров позволило исключить ряд таблиц. Заменен ряд рисунков, добавлены новые. Приложения помещены на страницах книги, в том числе звездный атлас, пять карт которого занимают теперь пять страниц книги. Автору приходится считаться с тем, что «Справочник» используется в учебной работе школ, пединститутов, а также в какой-то мере профессионалами.

Книга начинается с очень краткого обзора истории астрономии. Хронология важнейших событий истории астрономии дана на с. 20–45. Четвертого октября 1957 г. началась космическая эра в истории человечества. Освоению космоса, космическим исследованиям посвящена большая литература, отражаемая в Реферативном журнале «Исследование космического пространства», издаваемом, наряду с Реферативным журналом «Астрономия», Всероссийским Институтом Научно-технической Информации (ВИНИТИ) Российской АН. В «Справочнике» упоминаются те результаты космической программы, которые уточнили либо пополнили данные, полученные «земной астрономией», а также те открытия, которые нельзя было сделать с Земли.

Развитие науки быстро сделает ряд сведений устаревшими. Читатель может постоянно пополнять свои знания знакомством с новой литературой. Иногда в тексте даются краткие ссылки на статьи в журналах и в тематических сборниках, подробно освещающих данный вопрос. Особо отметим журналы «Земля и Вселенная» («ЗиВ»), «Звездочет» и «Природа», статьи в ежегодном «Астрономическом календаре». Очень полезен (особенно для юных любителей астрономии) «ШАК» — Школьный астрономический календарь, выпускаемый издательством «Дрофа» (составитель М. Ю. Шевченко). Полезные сведения содержат комплекты «ЗиВ» за прошлые годы, в них много статей по любительскому телескопостроению и по технике любительских наблюдений. Много полезных сведений содержат «Энциклопедический словарь юного астронома» (2-е изд. 1986 г.), Маленькая энциклопедия «Физика космоса» — 2-е издание 1986 г. (783 страницы). В тексте «Справочника» упоминаются книги и статьи, библиографическое описание которых дается в гл. 6. В тексте часто указана лишь фамилия автора.

Поскольку эта книга является справочником, а не «книгой для читателя», очень часты ссылки на последующие главы и разделы. Предметный указатель составлен с максимальной полнотой, однако, по возможности, без повторений. Поэтому каждый раз надо определить основное существительное и искать его в указателе. Так, например, поясное время найдем как «время поясное», атмосфера Земли как «Земля, атмосфера» и т. д. Именной указатель дает в скобках оригинальные транскрипции фамилий и годы жизни (или год рождения) всех упоминаемых лиц. В оглавлении отдельно перечислены (под римскими номерами) таблицы, помещенные в тексте.

Всем, оказавшим содействие «словом и делом» во время подготовки 5-го издания, мы приносим глубокую благодарность. Это те, кто существенно помог в ревизии текста, таблиц и библиографии: С. В. Антипин, В. А. Бронштэн, С. ван ден Берг, Н. А. Горыня, А. П. Гуляев, А. Б. Делоне, О. В. Дурлевич, А. И. Еремеева, Н. П. Ерпылев, Н. Н. Киреева, Э. В. Кононович, К. В. Куимов, Н. Б. Лаврова, Н. А. Липаева, М. В. Лукашова, Ю. Д. Медведев, А. В. Миронов, В. Папиташвили, М. В. Попов, С. Б. Попов, В. С. Прокудина, Ж. Ф. Родионова, Е. Л. Рускол, Н. Н. Самусь, В. Н. Семенцов, Б. В. Сомов, А. К. Терентьева, Л. И. Тищик, А. Г. Тоточава, Е. М. Трунковский, О. С. Угольников, Р. Л. Хотинок, Д. Ю. Цветков, В. И. Цветков, В. В. Чазов, Ю. А. Чернетенко, Н. С. и Л. И. Черных, а также д-р Ежи Крайнер (Польская республика) — переводчик 4-го издания на польский язык. Многие его замечания и добрые советы использованы во 2-м польском издании (Варшава, 1976) и, разумеется, в этом издании. Особая благодарность И. Е. Рахлину (1919–1993), Г. С. Куликову, выполнившим большую редакторскую работу, а также коллективу издательства «УРСС».

Как всегда, с благодарностью будут встречены критические замечания и добрые советы читателей «Справочника»; присылать их можно по адресу: 119899 Москва, Университетский пр-т, 13, ГАИШ; или электронной почтой: surdin@sai.msu.ru.

П. Г. Куликовский,
В. Г. Сурдин

Введение: астрономия и ее разделы

«Как ни совершенно крыло птицы, оно не смогло бы поднять ее ввысь, не опираясь на воздух. Факты — это воздух ученого, без них вы никогда не сможете взлететь».

Акад. И. П. Павлов

Астрономия — наука о строении и развитии небесных тел и Вселенной. Слово «астрономия» происходит от греческих слов: астрон — звезда и номос — закон. Используя достижения математики, физики, химии и техники, астрономия изучает окружающую нас Вселенную, состоящую из находящихся в непрестанном движении звезд и их систем, планет и их спутников, комет и метеорных тел, межпланетной, межзвездной и межгалактической сред, включая элементарные частицы, электромагнитное излучение и гравитационное поле.

В процессе развития астрономии в ней выделился ряд крупных разделов: *Астрометрия* — наиболее раннее направление в астрономии; ее основной задачей является создание инерциальной системы координат (обладающей лишь прямолинейным и равномерным движением без вращения) на основе совокупности каталогов точнейших звездных положений и собственных движений, а также определение фундаментальных астрономических постоянных. Астрометрические каталоги важны для изучения движений небесных тел, вращения Земли, для геодезических работ, для Службы точного времени, для навигации (в том числе и космической), для изучения закономерностей движений звезд и звездных систем.

К астрометрии относятся два более специальных подраздела. Это *сферическая астрономия* — изучение видимого расположения и видимого движения небесных светил и некоторых физических явлений, которые на них влияют (например, рефракция световых лучей в атмосфере, вращение и движение Земли и т. д.), а также определение точного времени, определение астрономическими методами географических координат; практическая астрономия — определение положений светил на небесной сфере, а также теория соответствующих астрономических инструментов и способов учета инструментальных и личных ошибок.

Небесная механика изучает поступательное и вращательное движения небесных тел под действие тяготения и применяет полученные закономерности движений для: 1) вычисления орбит планет, комет, и других небесных тел (включая и искусственные) — это *теоретическая астрономия*, 2) для предвычисления их положений в пространстве и на небе (так называемая *астрономия эфемерид*), а также 3) для определения формы небесных тел и для оценки их масс — это теоретическая геодезия и гравиметрия.

Астрофизика, опираясь на достижения экспериментальной и теоретической физики, изучает физические свойства небесных тел, химический состав их атмосфер, внутреннее строение и источники излучения звезд и Солнца, их эволюцию, а также свойства межзвездной и межгалактической сред. Среди разделов практической астрофизики, касающихся техники и методик разнообразных астрофизических наблюдений и теории соответствующих инструментов, имеются: астрофотометрия,

астроспектроскопия, астроколориметрия, астрополяриметрия и др. Особо должна быть отмечена *радиоастрономия*, исследующая радиоизлучение небесных тел и межзвездной среды, а также использующая радиолокационные методы для исследования метеорных явлений и ближайших соседей Земли (включая Солнце). Обнаружение методами внеатмосферной астрономии космических источников рентгеновских лучей и гамма-излучения породило рентгеновскую и гамма-астрономию. Создание гигантских подземных детекторов для регистрации почти неуловимых частиц нейтрино позволило родиться нейтринной астрономии. И наконец, вот-вот появится новое поколение детекторов гравитационных волн, которое откроет «новое окно» во Вселенную. Как было сказано — из оптической астрономия постепенно стала всеволновой!

Звездная астрономия, в основном статистическими методами, изучает закономерности распределения в пространстве и движения звезд и межзвездной материи, а в целом — изучает строение и развитие нашей звездной системы — Галактики. *Внегалактическая астрономия* изучает другие галактики, их скопления, межгалактическую среду, т. е. строение и состав всей известной части Вселенной. В XX в. из звездной астрономии выделилась также *динамика звездных систем*, изучающая силы, под действием которых происходят движения в звездных системах — от двойных и кратных звезд, звездных скоплений разного типа и галактик до скоплений галактик и так называемых сверхгалактик.

Космогония занимается вопросами происхождения и развития (эволюции) небесных тел — звезд, Солнца, планет, в том числе и Земли, а также происхождения и развития звездных систем. Космогония опирается в своих выводах на наблюдательный материал, накопленный всей астрономией (а в планетной космогонии также геологией и другими науками о Земле) и на достижения теоретической и экспериментальной физики. *Космология* — физическое учение о Вселенной как целом, включающее в себя теорию всей охваченной астрономическими наблюдениями области пространства — Метагалактики, как части Вселенной. (В литературе иногда можно встретить этот термин в старом его значении, как совокупности представлений о мироздании, например, космология древних греков, индийцев, космология майя и т. д.) В своих далеко идущих выводах космология соприкасается с проблемами философии, изучающей наиболее общие законы существования и развития неживой и живой природы, включая развитие человеческого общества.

История астрономии рассматривает зарождение и развитие астрономических представлений со времен глубокой древности до наших дней в связи с развитием человеческого общества. В 1980-х гг. из истории астрономии выделилась *археоастрономия*, называемая также *палеоастрономией* или *астроархеологией*. Она изучает мегалитические сооружения астрономического назначения — доисторические обсерватории, служившие для наблюдения небесных светил в основном для календарных и культовых целей. Археоастрономия изучает наскальные рисунки и другие материальные памятники, отражающие астрономические познания и общее мировоззрение древних народов. Можно выделить также «фольклорную», или «народную» астрономию, которая изучает фольклорные материалы астрономического содержания, дошедшие до нас в виде старинных обрядов, песен, сказок, мифов и элементов прикладного искусства наших отдаленных предков.

Изучение некоторых групп небесных тел иногда выделяют в самостоятельные разделы: *кометную астрономию*, *метеорную астрономию*, *планетную астрономию*, к которым примыкает современная *метеоритика*; выделяют также физику звезд, физику галактик, и т. д. Определение географических координат астрономическими методами выделяют в *полевую астрономию*, определение местоположения корабля в море — в *мореходную астрономию*, самолета в воздухе — в *авиационную астрономию*.

В гл. 6 «Астрономическая библиография» указаны книги, монографии, учебники, сборники, иногда отдельные обзорные статьи по многим из перечисленных разделов астрономии. Кроме специальных журналов «Земля и Вселенная» и «Звездочет» систематически публикуют статьи по астрономической тематике журналы «Природа», «Наука и жизнь», «Соросовский образовательный журнал», «Квант», «Знание — сила» и некоторые другие. Очень содержательные статьи были опубликованы в 1983–1993 гг. в ежемесячном переводном журнале «В мире науки» («Scientific American») и ежегодных сборниках «Наука и Человечество».

Особо следует сказать о возможностях, которые предоставляет Всемирная компьютерная сеть Internet. Вероятно, никто с таким восторгом не отнесся к этому новому средству связи, как любители астрономии. Уже сегодня есть реальная возможность мгновенно сообщать и получать сведения о редких астрономических событиях, быстро организовывать координированные и синхронные наблюдения, поддерживать связь между собой и с профессиональными учеными, пользоваться базами данных и архивами лучшим мировых хранилищ научной информации.

Мировое сообщество астрономов невелико и в силу предмета своих исследований наиболее интернационально: космический океан омывает берега всех стран без исключения и доступен для исследования каждому, кто имеет желание — научная задача найдется всегда, разумеется, в зависимости от имеющейся в наличии наблюдательной техники. Появление компьютеров упростило и ускорило работу астрономов, как профессионалов, так и любителей, но принципиально ее не изменило. Появление же объемных носителей информации, особенно CD-ROM, и возможности подключения компьютера в сеть Internet принципиально изменило положение астрономов и, прежде всего, — любителей. Профессиональные ученые и до этого момента имели в своем распоряжении ценные каталоги и текущую научную периодику. Теперь эти источники информации, необходимой для научной работы, в принципе, доступны всем.

Казалось бы, осталось непреодолимое для любителей препятствие: отсутствие доступа к лучшим астрономическим инструментам — крупнейшим телескопам и космическим обсерваториям. Но и эту проблему решает Internet: уже многие обсерватории, в том числе — космические, оперативно размещают «сырые» дынные наблюдений на открытых сайтах. Ими может пользоваться любой желающий. Результаты поразительны: некоторые любители астрономии, в том числе и российские, уже открыли десятки новых комет, не выходя из своей квартиры! А впереди еще более грандиозные проекты виртуальных телескопов, которые позволят любому грамотному исследователю, независимо от его возраста, профессии и места жительства, заказать наблюдение и получить его результаты по Internet.

Эти новые возможности в значительной степени стирают грани между любительской и профессиональной наукой; в астрономии так уже бывало неоднократно. Но они же предъявляют и более высокие требования к любителям науки, к ее преподавателям, популяризаторам, как, впрочем, и к профессиональным исследователям неба.

Этапы развития астрономии

Астрономия зародилась на заре человеческой культуры, вероятно, еще в каменном веке. Начало систематических наблюдений астрономических явлений относится к далекой древности, не оставившей письменных памятников, если не считать наскальных рисунков и некоторых характерных изделий (ранних лунных календарей) эпохи позднего палеолита. Практические запросы жизни (счет времени, летосчисление, ориентировка в пути на суше и на море, а позднее — определение местоположения на Земле) обусловили развитие астрономии. Во многих местах Земли находят громадные сооружения времен неолита и бронзового века, состоящие из массивных камней или отдельных столбов высотой до 6–7 м и имеющие вид круглых оград. Эти сооружения — *кромлехи* — служили для астрономических наблюдений, прежде всего, восходов и заходов Солнца в определенных точках горизонта в дни равноденствий и солнцестояний. Такие наблюдения давали возможность определить продолжительность времен года и, следовательно, продолжительность всего года.

Ф. Энгельс писал в «Диалектике природы»: «Необходимо изучить последовательное развитие отдельных отраслей естествознания. Сперва астрономия, которая уже из-за времен года абсолютно необходима для пастушеских и земледельческих народов» (Политиздат, 1975, с. 157). Перегон скота на новые пастбища приурочивался к светлым лунным ночам, чтобы избежать испепеляющего дневного солнечного зноя. Нужно было знать времена наступления полнолуний. Нужен был счет времени в дневное и в ночное время.

С попытками объяснения наблюдаемых на небе явлений связано возникновение религиозных представлений; за грозными явлениями природы наивно предполагались сверхъестественные силы и существа. В частности, обожествлялись Солнце, Луна, планеты и метеоры («падающие звезды»). Повсеместно рождались религиозные легенды и представления, касавшиеся происхождения и строения Вселенной. Эти представления всегда были связаны с внешней средой и образом деятельности людей в различных климатических и природных условиях. Но в одном эти представления были сходны: непосредственные ощущения неподвижности Земли и движения неба на тысячелетия укрепили геоцентризм. Развитие астрономии протекало в борьбе новых научных идей с устарелыми космологическими представлениями. Эта борьба отличалась особенной остротой и драматичностью, поскольку на старых (геоцентрических) представлениях в свое время формировались древние религии, и такие представления находили ревностную защиту в более поздних формах религии. Эта борьба имела своих героев и мучеников. Преодолению пережитков религии в настоящее время способствует не только научное объяснение явлений природы, но и анализ и разъяснение процессов происхождения и развития самих религиозных представлений, столь различных по форме у разных народов мира и столь сходных в своей основе.

За несколько тысячелетий до н. э. в долинах крупных рек — Нила, Инда, Хуанхэ, между Тигром и Евфратом, — образовались первые государства Древнего Востока. Жизнь в них была тесно связана с сезонными изменениями в природе, например с весенними разливами рек, покрывавшими землю слоем плодородного ила: поэтому для организации жизни требовалось создание и ведение календаря.

Астрономия тогда находилась в руках жрецов которые за тысячи лет систематических наблюдений при помощи простейших астрономических приборов накопили много ценных сведений. Определив продолжительность года, подметив периодичность солнечных и лунных затмений, периодичности и особенности движений планет, они научились предсказывать эти астрономические явления. Тогда же появились первые методы математической обработки наблюдений и методы предвычисления различных конфигураций Солнца, Луны и планет.

В 595 г. до н. э. в Китае был открыт 19-летний лунно-солнечный цикл, по истечении которого Солнце и Луна занимают прежние места среди звезд, а фазы Луны приходятся на те же даты года; позднее он был переоткрыт греком Метоном, поэтому известен как *метонов цикл*. За 355 лет до н. э. китайский астроном Ши Шень составил первый известный нам звездный каталог — список положений 800 звезд.

В Древней Греции под влиянием Вавилона широкое развитие получила математика, в частности, геометрия; грекам были хорошо известны закономерности видимых движений планет среди звезд. В IV в. до н. э. Аристотель (384–322 до н. э.) дал убедительные доказательства шарообразности Земли. Во II в. до н. э. греческий ученый Гиппарх (ок. 180–125 до н. э.) обнаружил медленное перемещение точек равноденствий (*прецессию*) и составил звездный каталог, включавший около 850 звезд. Гениальные догадки некоторых греческих ученых о вращении Земли вокруг своей оси (Гераклид Понтийский, 388–315 до н. э.), о движении Земли вокруг Солнца (Аристарх Самосский, ок. 310–230 до н. э.) были забыты, и более полутора тысяч лет господствовала геоцентрическая система мира, изложенная Клавдием Птолемеем (ок. 87–165) в его книге «Великое математическое построение» (по-арабски «Альмагест»). Согласно «Альмагесту» Земля помещается в центре мира; для объяснения сложных петлеобразных видимых движений планет были использованы *эпициклы*, по которым двигались планеты, в то время как центры эпициклов двигались вокруг Земли по основным кругам — *деферентам*, причем плоскости эпициклов и деферентов не совпадали. Птолемей ввел также *эксцентр* и *эквант* для лучшего согласования теории с наблюдениями. Чем точнее становились наблюдения планет, тем более сложной и громоздкой становилась система эпициклов, а число их приходилось увеличивать.

В эпоху застоя науки в средневековой Европе астрономия получила развитие в странах Востока. Крупный вклад в науку сделали народы Средней Азии в VIII–XV вв. Особо надо отметить первых точных астрономов-наблюдателей (Бируни, XI в.; Туси, XIII в.), которые с помощью новых крупных дооптических инструментов — «стенных квадрантов» уточнили основные астрономические величины — длину года и наклон эклиптики к экватору (ε). Они же проявили себя теоретиками и глубокими философами. Персидский поэт и философ Омар Хайям (1048–1123) предложил календарь, более точный, чем даже современный григорианский; он писал о бесконечности мира в пространстве и времени. Правитель Самарканда Улугбек (1394–1449) создал обсерваторию с гигантским угломерным инструментом — квадрантом с радиусом дуги 40 м, с помощью которого с высочайшей для той эпохи точностью наблюдали движение Солнца и определили длину года и ε. В Самарканде были составлены таблицы планетных движений и новый каталог положений 1018 звезд, первый после каталога Гиппарха опиравшийся на непосредственные наблюдения.

В эпоху Возрождения и великих географических открытий (XV–XVI вв.) практические потребности выдвинули перед астрономией новые задачи, которые требовали разработки новых методов и создания новых инструментов, появления новых представлений о мироздании.

В середине XVI в. польский ученый Николай Коперник (1473–1543) в труде «О вращении небесных сфер» поставил Солнце в центре планетной системы. Главные наблюдаемые особенности планетных движений получили естественное объяснение. Коперник определил относительные расстояния планет и впервые дал правильное представление о строении Солнечной системы. Переворот, произведенный Коперником, имел громадное значение не только для астрономии. С него, по выражению Ф. Энгельса, началось освобождение естествознания от теологии. Учение Коперника было запрещено в 1616 г., его сторонники преследовались церковью, в особенности проповедники философских выводов из нового учения — о множественности обитаемых миров. Итальянский ученый и философ Джордано Бруно (1548–1600), издавший в 1584 г. свое замечательное произведение «О бесконечности, Вселенной и мирах», погиб 17 февраля 1600 г. в Риме на костре инквизиции. Великого итальянского ученого Галилео Галилея (1564–1642) также подвергли преследованиям за пропаганду учения Коперника.

7 января 1610 г. Галилей первым направил усовершенствованную им зрительную трубу на небо и тем самым превратил ее в астрономический инструмент — телескоп. Он открыл горы на Луне, пятна на Солнце, фазы Венеры, спутники Юпитера, открыл причину свечения Млечного Пути (увидев в нем бесчисленное множество слабых звезд). Открытия Галилея, начавшие эпоху телескопической астрономии, знаменитые законы движения планет, открытые Иоганном Кеплером (1571–1630) на основе анализа наблюдений Марса, сделанных Тихо Браге (1546–1601) и им самим, наконец, «Математические начала натуральной философии» (1687) Исаака Ньютона (1643–1727) завершили ломку старых понятий и утверждение идей Коперника. В «Началах» Ньютон описал открытый им закон всемирного тяготения, управляющий движением небесных тел, и тем самым заложил прочную основу небесной механики. Наблюдательная астрономия получила новое развитие со времени изобретения Христианом Гюйгенсом (1629–1695) маятниковых часов (1655) и применения Ж. Пикаром (1620–1682), а затем О. Рёмером (1644–1710) зрительных труб в угломерных инструментах. Особую роль в развитии астрономии и всего естествознания сыграло открытие Ремером конечной скорости света (1675).

С конца XVII в. в разных странах учреждаются национальные академии наук и государственные астрономические обсерватории (1675 — Гринвичская в Англии, 1671 — Парижская во Франции, 1725 — академическая обсерватория в Санкт-Петербурге), которые начинают систематические определения точных положений звезд и изучение движения Луны, необходимые в первую очередь для нужд навигации и картографии. Возросшая точность астрономических измерений привела к открытию в 1718 г. собственных движений нескольких ярких звезд (Галлей, 1656–1742), открытию в 1728 г. аберрации звезд (Брадлей, 1693–1762), открытию нутации земной оси (Брадлей, 1747). В 1753–1772 гг. Леонард Эйлер (1707–1783) разработал свою знаменитую теорию движения Луны.

Большое значение для всего естествознания имела идея развития в природе, впервые выдвинутая в области астрономии. В 1755 г. Иммануил Кант (1724–1804) создал свою гипотезу эволюции первоначальной метеоритной туманности и образования планетной системы. В это же время эволюционные идеи, в частности, в области геологии были высказаны русским ученым М. В. Ломоносовым (1711–1765). В 1796 г. в «Изложении системы мира» Лапласа (1749–1827) была предложена идея образования планет из колец, отделяющихся по мере сжатия вращающейся газовой туманности. Гипотезы Канта и Лапласа имели большое значение для своего времени. В 1761 г., наблюдая прохождение Венеры по диску Солнца, Ломоносов открыл атмосферу Венеры.

С конца XVIII в. началась деятельность выдающегося английского астронома Уильяма Гершеля (1738–1822). Он наблюдал с громадными по тем временам рефлекторами (от 0,5 до 1,2 м в диаметре), которые сам изготовлял. Гершель открыл новый мир туманностей (свыше 2,5 тыс.), большинство которых оказались другими галактиками; он же впервые подметил основные закономерности в их распределении — стремление к скучиванию в небольшие группы, объединенные в громадные пласты (1784). Гершель открыл много двойных звезд и доказал, что компоненты некоторых из них движутся вокруг их общего центра масс в соответствии с ньютоновским законом всемирного тяготения. В 1781 г. он открыл планету Уран, в 1783 г. обнаружил движение Солнца в пространстве среди окружающих его звезд; опираясь на подсчеты звезд в разных направлениях он установил изолированность нашей звездной системы. Он обнаружил также за пределами видимого спектра инфракрасное излучение Солнца. Теперь мы знаем, что около 80 % энергии излучения во Вселенной приходится на долю инфракрасного диапазона.

Вторая половина XVIII в. отмечена бурным расцветом небесной механики в трудах Л. Эйлера, А. Клеро (1713–1765), Ж. Лагранжа (1736–1813), П. Лапласа. Открытие 1 января 1801 г. Д. Пиацци первой малой планеты — Цереры — дало новый толчок развитию астрономии.

В 1820-х гг. началась научная деятельность основателя и первого директора Пулковской обсерватории (открыта в 1839 г.) Василия Яковлевича Струве (1793–1864). Глубоко продуманные им планы Пулковской обсерватории отличались строгой специализацией инструментов (каждый инструмент был предназначен для решения только одной задачи), большим вниманием к изучению инструментальных ошибок, что приводило к высокой однородности многолетних рядов наблюдений. Каталоги точных определений положений звезд создали мировую славу Пулкову, заслуженно получившему название «астрономической столицы мира». Струве много сил посвятил всестороннему изучению двойных звезд, а в 1835–1837 гг. первым измерил параллакс звезды (Веги)[1]. В 1847 г. в «Этюдах звездной астрономии», описывая строение нашей звездной системы, Струве высказал предположение о наличии межзвездного поглощения света. Это открытие было забыто современниками, и поглощение света вновь открыто лишь в XX в. От первых пионерских работ У. Гершеля и «Этюдов» В. Я. Струве ведут свое начало исследования строения нашего звездного мира и бесчисленных внегалактических туманностей, каждая из которых представляет собой звездную систему.

Торжеством небесной механики и науки в целом было открытие в 1846 г. французом У. Леверье (1811–1877) «на кончике пера», т. е. вычислительным путем, новой планеты, названной Нептуном. Вблизи от указанного Леверье места немецкий астроном И. Г. Галле (1812–1910) нашел планету среди звезд. Несколько раньше независимо от Леверье ту же задачу решил молодой английский астроном Дж. Адамс (1819–1892), но проверка его вычислений гринвичскими астрономами задержалась.

В 1844 г. Бессель заподозрил существование спутников у Сириуса (α CMa) и у Проциона (α CMi) по периодическим колебаниям их собственных движений. Спутники эти были обнаружены значительно позже.

К середине XIX в. относится изобретение фотографии и начало применения ее в астрономии. Фотография способствовала бурному развитию астрономии и ее

[1] Тригонометрический параллакс p_{tr} звезды равен углу, под которым был бы виден со звезды средний радиус земной орбиты. Обратная величина $1/p_{tr} = r$ — расстоянию до звезды, выраженному в парсеках (пк). В некоторых книгах параллакс обозначают буквой π.

новой отрасли — астрофизики. Если не считать некоторых работ в области астрофотометрии, астрофизические исследования начались в середине XIX в., вскоре после открытия Г. Кирхгофом и Р. Бунзеном спектрального анализа. Спектроскопия звезд началась с работ А. Секки (1818–1878), У. Хёггинса (1824–1910), А. А. Белопольского (1854–1934); физика Солнца — после открытия П. Жансеном (1824–1907) и независимо от него Н. Локьером (1836–1920) в 1868 г. способа наблюдения солнечных протуберанцев вне затмений.

Со второй половины XIX в. стала быстро развиваться метеорная астрономия; первую теорию метеорных потоков предложил Дж. Скиапарелли (1835–1910). В последней трети XIX в. крупнейший русский астроном Ф. А. Бредихин (1831–1904) создал свое учение о кометах, теорию кометных форм и первую классификацию кометных хвостов (1862–1877); он же развил теорию метеорных потоков. В конце века (1894–1899) А. А. Белопольский провел лабораторную проверку принципа Доплера и применил его к изучению спектрально-двойных и переменных звезд.

Основой для дальнейшего изучения звезд и нашей звездной системы — Галактики — явились обширные звездные каталоги, содержащие точные определения блеска звезд и их спектров. В 1863–1866 гг. А. Секки изучил спектры почти 4000 звезд и предложил первую спектральную классификацию (4 типа). В 1884 г. на Гарвардской обсерватории (США) под руководством Э. Пикеринга (1846–1919) были заложены основы современной одномерной спектральной классификации. В 1895 г. В. К. Цераский (1849–1925) в Москве определил нижнюю границу температуры Солнца на основе своих опытов с большим зажигательным зеркалом, а в 1903–1905 гг. провел определение его звездной величины.

В начале XX в. Н. Локьер (1836–1920, Англия), а затем А. Кинг (1876–1957, США) в лабораторных условиях исследовали спектры различных элементов при различных температурах свечения, выявили линии ионизованных атомов задолго до того, как физики могли их объяснить на основе боровской теории атома. Кинг изобрел электрическую печь (печь Кинга) — прообраз абсолютно черного тела высокой температуры (до 3500 К).

В 1905–1913 гг. было установлено деление звезд на карлики и гиганты (Э. Герцшпрунг, 1873–1967, Дания и Г. Рассел, 1877–1957, США) и связь светимостей звезд с их спектрами, т. е. с температурой их поверхностей. Это дало толчок к развитию нового метода определения звездных расстояний (метод *спектральных параллаксов*). В 1908 г. была открыта зависимость «период—светимость» у переменных звезд типа δ Сер (*цефеид*). Она легла в основу нового мощного метода определения расстояний (метод *цефеидных параллаксов*), пригодного не только в нашей Галактике, но и в других звездных системах. В 1927 г. Ян Оорт (1900–1992) разработал метод изучения вращения Галактики. (Математическая теория вращения Галактики казанского астронома М. А. Ковальского (1821–1884) была к этому времени забыта.) А в 1930 г. вновь было открыто поглощение света в межзвездном пространстве, о котором еще в 1847 г. писал В. Я. Струве.

Центр тяжести интересов астрономии все больше переносится на вопросы строения звезд и их эволюции, на вопрос об источниках энергии, которую звезды излучают в течение миллиардов лет; интересы астрономов устремляются в необъятные области Галактики и Метагалактики, где открыты новые удивительные объекты — пульсары, нейтронные звезды, черные дыры, квазары, своим существованием поставившие перед наукой новые сложные проблемы.

Эволюция инструментов (рефракторов и рефлекторов) обусловила развитие практической астрофизики. Ее успехи и открытия следовали за введением в строй новых, более мощных телескопов, дающих возможность еще дальше проникать

вглубь Вселенной. В начале XX в. предельно достижимыми звездами были звезды 16^m. К середине XX в. — это уже 21^m, что соответствует увеличению объема доступного для исследований пространства примерно в 1000 раз (соответственно увеличивается и число объектов). К 1986 г. предельная звездная величина дошла до 25^m, а к 1997 г. — до 30^m. С 1930-х гг. начинается бурное развитие радиоастрономии, которой принадлежит большое число важных открытий нашего времени.

С 4 октября 1957 г. началась новая эпоха не только в истории науки, но и во всем развитии человеческой культуры — эпоха космических полетов и освоения межпланетного пространства. В этот день в СССР был запущен первый искусственный спутник Земли. 12 апреля 1961 г. Юрий Алексеевич Гагарин осуществил первый полет человека в космос, а 21 июля 1969 г. американские астронавты — командир космического корабля (КК) «Аполлон-11» Нил Армстронг и член экипажа Эдвин Олдрин — первыми ступили на поверхность Луны.

Начало космической эры и применение радиолокации к измерению расстояний в Солнечной системе, учет закономерностей общей теории относительности привели к значительному уточнению межпланетных расстояний и теории движения небесных тел (как естественных, так и искусственных). Это обеспечило исключительную точность корректировки траекторий космических аппаратов (КА), в частности при полетах к Венере КА «Венеры-13» и «Венеры-14» в конце 1981 – начале 1982 г.: различие предвычисленного расстояния от радиолокационного не превышало 1,2 км при удалении планеты от Земли в это время на 40–58 млн км! Сейчас в космическом пространстве работают рефлекторы с точной гидировкой и получают отдельные изображения миллионов звезд в ближайших галактиках и сотен миллионов звезд в нашей Галактике.

Жизнь во Вселенной и связанная с этим проблема возможности существования внеземных цивилизаций интересовали человечество с давних пор. Успешно «разрабатывавшиеся» писателями-фантастами, эти вопросы лишь в последние десятилетия стали объектом научных исследований. С одной стороны, изучались пределы приспособляемости живого вещества к экстремальным условиям — температуры, давления, химического состава окружающей среды и т. д. С другой — различными методами изучались условия, существующие на доступных исследованию небесных телах — планетах Солнечной системы и их спутниках для последующего изучения возможной биоэволюции, а затем и социальной эволюции внеземных цивилизаций. Бурное развитие радиоастрономии породило надежды на возможность приема осмысленной информации, возможно, передаваемой из космического пространства, и попытки передавать информацию с Земли пока еще неизвестному нам «собрату по Вселенной». Этим проблемам посвящена большая литература: см., например, книгу И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум».

Хронология астрономии

Приводимая хронология не претендует на полноту. Весьма полезными дополнениями к ней будут приложения I и II к книге «Астрономы: Биографический справочник» (Киев: Наукова думка, 1986), раздел «Хронология астрономии» в книге: *Еремеева А. И., Цицин Ф. А.* «История астрономии» (М.: Изд-во МГУ, 1989), а также книга: *Селешников С. И.* «Астрономия и космонавтика» (Киев: Наукова думка, 1967). Годы жизни ученых см. в Указателе имен.

Доисторическая эпоха	Наскальные астральные знаки и рисунки (пещеры Франции, Испании, Африки, севера Азии, Армении).
4241 до н. э.	Первый календарь (Египет).
До 4-го тысячелетия до н. э.	Астрономические рисунки древних майя (Центральная Америка).
4-е–2-е тысячелетия до н. э.	Мегалитические сооружения: каменная обсерватория Стоунхендж и другие в Южной Англии, сооружения друидов в Бретани.
3379 до н. э., 15 февраля	Затмение Луны, зарегистрированное древними майя.
3-е тысячелетие до н. э.	Изобретение водяных часов (Китай).
3-е–2-е тысячелетия до н. э.	Изобретение солнечных часов.
Около 3000 до н. э.	Первые астрономические записи в Египте, Вавилоне и Китае.
Около 2800 до н. э.	Астрономическая ориентировка пирамиды Хеопса (Египет).
2697 до н. э.	Древнейшее сообщение о солнечном затмении (Китай).
Около 2500 до н. э.	Установление солнечного календаря с продолжительностью года в 365,25 суток (Египет).
2397 до н. э.	Установление 60-летнего календарного цикла (Китай).
2400–2200 до н. э.	Введение понятия эклиптики, точек равноденствий, деление неба на созвездия (Вавилон).
2315–2287 до н. э.	Первые записи о кометах (Китай).
2137 до н. э.	Сообщение о солнечном затмении, которое не предсказали придворные астрономы Хи и Хо, за что им отрубили головы («Шу-Кинг», Китай).
2133 до н. э.	Первое упоминание о метеорите в Китае.
Около 2000 до н. э.	История сотворения мира «Энума Элиш» (Вавилон).
2-е тысячелетие до н. э.	Звездная карта, высеченная на камне (Китай). Таблицы Венеры «Амизадуга» (Вавилон). Лунно-солнечный календарь (Месопотамия, Египет). Круг зодиакальных созвездий (Вавилон).
2-е тысячелетие до н. э.	Каменные кольца близ армянского села Ангехакот — аналог английского Стоунхенджа.

Около 1600 до н. э.	Установление семидневной недели по числу ярких светил: пять планет, Солнце и Луна (Вавилон).
XII в. до н. э.	В г. Чжоугун (ныне г. Хэнань) правитель У Ван построил большую обсерваторию с гномоном и невысокой башней с площадкой для переносных угломерных инструментов (Китай).
Около 1100 до н. э.	Определение наклона экватора к эклиптике (Чу Конг, Китай).
776 до н. э., 6 сент.	Древнейшая запись о солнечном затмении (Китай).
763 до н. э., 15 июня	Самая старая запись о наблюдении полного солнечного затмения (Вавилон).
Около 750 до н. э.	Открытие прецессии, начало систематических астрономических наблюдений (Кидинни, Вавилон).
720 до н. э., 22 февр.	Первая регистрация солнечного затмения в Греции.
Около 700 до н. э.	Трактат по астрономии «Муль апин» (Вавилон). В нем даны списки пар звезд, из которых одна заходит в момент восхода другой.
700 до н. э.	«Теогония» Гесиода — история создания мира (Греция).
VII–VI вв. до н. э.	Установление *сароса* — периода повторяемости солнечных и лунных затмений (Вавилон).
595 до н. э.	Установление семи вставных месяцев каждые 19 лет (за 160 лет до Метона, Китай).
585 до н. э., 28 мая	Солнечное затмение в Малой Азии, предсказанное Фалесом Милетским (Греция).
VI в. до н. э.	Анаксимандр Милетский создал первые солнечные часы, применил гномон для измерения наклона эклиптики к экватору (ε), составил первую географическую карту (Греция).
540–550 до н. э.	Возникновение идеи о шарообразности Земли (Пифагор Самосский).
V в. до н. э.	Принцип вечной изменчивости материи: «все течет, все изменяется» (Гераклит Эфесский — «Гераклит Темный», Греция).
V в. до н. э.	Анаксагор (Греция) считал, что Луна светит отраженным светом Солнца, которое представляет собой раскаленный камень размером с Грецию. Он же правильно определил причину солнечных и лунных затмений.
V в. до н. э.	Филолай Кротонский (Греция) впервые высказал идею движения Земли вокруг некоего «центрального огня» как причины смены дня и ночи.
433–432 до н. э.	Установление 19-летнего цикла (метонова цикла), приводящего фазы Луны на прежние числа месяца (Метон, Греция).
IV в. до н. э.	Демокрит (Греция) — философ-материалист; учил, что Вселенная, состоящая из неделимых атомов и пустоты, бесконечна, Солнце огромно по сравнению с Землей, Луна светит отраженным светом, а Млечный Путь состоит из мириад звезд.
IV в. до н. э.	Открытие неравномерности движения Солнца по эклиптике (Каллипп, Греция). Он же в 334 г. до н. э. улучшил метонов цикл, что позволило уточнить продолжительность синодического года (погрешность была всего 22 секунды) и выявить разную продолжительность четырех времен года.
Около 366 до н. э.	Первая теория движения планет, прикрепленных каждая к своей равномерно вращающейся концентрической сфере, ось которой проходит через общий центр (Землю); первый в Греции звездный каталог, карта неба с фигурами созвездий, введение названий некоторых созвездий (Евдокс Книдский, Греция); он же ввел календарь с годом из 365,25 дней, определил $\varepsilon = 24^\circ$, установил, что Земля — шар.

Около 360 до н. э.	«О небе» Аристотеля (Греция). Доводы в пользу шарообразности Земли, Луны и других небесных тел. Вселенная состоит из 56 отдельных сфер с общим центром в центре Земли; внешняя сфера — сфера неподвижных звезд, вращение которой увлекает все другие и определяет суточное движение неба. По 6 сфер для всех светил, кроме Луны, для которой 5 сфер.
Около 355 до н. э.	Составление каталога 809 звезд «Синг-Чинг» (Ши-Шень, Китай).
350 до н. э.	Идея вращения Земли вокруг своей оси, объясняющего видимое суточное вращение небесной сферы; схема строения мира, в которой Венера и Меркурий обращаются вокруг Солнца, а последнее, как и другие светила, обращается вокруг Земли (Гераклид Понтийский, Греция).
IV в. до н. э.	Первые из известных высказываний в пользу существования в бесконечном пространстве разумной жизни вне Земли (Метродор из Хиоса, Греция).
328 до н. э., март	Первое упоминание о солнечных пятнах в летописи первого года Хэ-Пин династии Хань (Китай).
294–272 до н. э.	Начало систематических определений звездных положений (Аристилл (Самос), Тимохарис (Александрия)).
280–265 до н. э.	Идея движения Земли с Луной и планет вокруг Солнца (гелиоцентрическая система), находящегося в центре Вселенной, первые оценки расстояния до Солнца (1200 земных радиусов) и Луны (Аристарх Самосский — «Коперник древности», Греция).
270 до н. э.	«Небесные явления» Арата — поэтическое описание неба (Греция).
240 до н. э.	Первая достоверная запись появления кометы Галлея (Китай).
230 до н. э.	Замена вращающихся сфер Евдокса кругами. Начало теории эпициклического движения (Аполлоний Пергский, Греция).
Около 230 до н. э.	Определение размеров Земли путем измерения дуги меридиана (Эратосфен Киренский, Александрия).
Около 220 до н. э.	Архимед создал прибор для измерения углового диаметра Солнца и получил верхнюю границу 33′. Он создал планетарий, приводившийся в движение водяным двигателем, с Землей в центре; планетарий показывал движения Солнца и планет, воспроизводил солнечные и лунные затмения.
150–123 до н. э.	Независимое от Вавилона открытие прецессии, первые таблицы движения Солнца (продолжительность года $365^d5^h49^m$) и Луны, установление неодинаковой продолжительности времен года (до десятых долей суток), открытие N Sco 134 до н. э. (июль); звездный каталог с эклиптическими координатами и разделением по блеску 850 звезд на шесть звездных величин; введение деферентов с центрами, не совпадающими с центром Земли, чтобы сохранить равномерное движение планет по эпициклам; введение λ и φ географических пунктов с $\lambda = 0^\circ$ на о. Родос (Гиппарх, Греция).
46 до н. э., 1 янв.	Введение в Риме юлианского календаря (по предложению астронома Созигена, Александрия).
II в. н. э.	Чжан-Хэн среди других изобретенных им инструментов изготовил армиллярную сферу с гидромеханизмом, дал ее теорию, оценил число видимых в Китае звезд (~2500) и разделил их на 124 созвездия, дал 320 звездам собственные имена; понимал причину солнечных и лунных затмений; писал о шарообразности небесных тел и безграничности Вселенной в пространстве и времени; независимо открыл явление прецессии и определил постоянную прецессии 1′11″.
140	«Синтаксис» ($\Mu\varepsilon\gamma\alpha\lambda\eta\Sigma\upsilon\nu\tau\alpha\xi\iota\varsigma$ — «Великое математическое построение астрономии в 13 книгах», по-арабски «Альмагест») Клавдия Птолемея (Александрия), содержащий теорию эпициклического движения планет в геоцентрической системе, а также планетные таблицы, звездный каталог 1022 звезд, разделенных (по примеру Гиппарха) на 6 величин по блеску.

V в.	Ариабхата и Варахамихара утверждают шарообразность Земли и ее вращение вокруг своей оси (Индия).
VII в.	«Космография» и теория календаря Анания Ширакаци (Армения).
725	Попытки определения длины меридиана по идее Лю Чжо (Нань Гуншо, Китай).
813	Калиф Аль-Мамун основывает в Багдаде астрономическую школу и велит перевести «Альмагест» на арабский язык.
827	Определение размеров Земли по градусным измерениям между реками Тигр и Евфрат (Багдад, ученые калифа Аль-Мамуна).
829	Основание Багдадской обсерватории.
Конец IX — начало X в.	Уточнение значений годичной прецессии, ε, определение эксцентриситета «орбиты Солнца» и долготы перигея.
960	Каталог звезд ас-Суфи в Каире (в его основе каталог Птолемея с учетом прецессии).
X в.	Открытие одного из лунных неравенств (Абу-ль-Вафа, Багдад).
1000	Обсерватория в Каире.
Конец X в. — начало XI в.	«Гакимитские таблицы» (1007 г. н. э.) движений Солнца, Луны и планет, определение $\varepsilon = 23°35'$ (Ибн-Юнус, близ Каира).
Около 1031	«Канон Масуда» Абу Рейхана ал-Бируни (Хорезм): каталог 1029 звезд, уточнение наклона экватора к эклиптике (23°34'00″), длина 1° меридиана в 111,6 км, определенная по величине понижения горизонта. Трактат о летосчислении.
1054, 4 июля	Вспышка Сверхновой в Тельце. Отмечена в европейских, японских и китайских хрониках (вспышка породила Крабовидную туманность).
1064	Упоминание солнечного протуберанца во время полного затмения Солнца (Россия, летопись).
Конец XI — начало XII вв.	Проект очень точного календаря. Книга стихов «Вселенная и ее познание» с элементами гелиоцентризма (Омар Хайям — персидско-таджикский поэт, ученый и философ).
1136	Календарный трактат Кирика Новгородца «Учение им же ведати человеку числа всех лет» (Россия).
1252	«Альфонсовы таблицы» движений планет и астрономическую энциклопедию создали еврейские и мавританские ученые во главе с Исааком бен Саидом, собранные королем Кастилии Альфонсом X (Испания).
1259	Основание Марагинской обсерватории в южном Азербайджане.
Около 1272	«Ильханские таблицы» движений Солнца и планет; определение величины прецессии (51,4″) (Насирэддин Туси, Марага, Азербайджан).
1279	Создание Пекинской обсерватории (Китай).
1281	Календарь «Шоушили»; средняя продолжительность тропического года принималась равной 365,2425 средних суток (Го Шоуцзин, Китай).
1371	Первые наблюдения солнечных пятен в России (летописи).
1425	Построена Самаркандская обсерватория Улугбека.
1437–1449	«Зидж Гурагани» — самостоятельный каталог положений 1018 звезд, измеренных с погрешностью ±5′ на Самаркандской обсерватории, где в плоскости меридиана был построен гигантский квадрант радиусом 40 м; таблицы движений планет (Улугбек с сотрудниками, Самарканд).
1440	«О движении Земли» Николая Кузанского (Николай Кребс).
1472	«Новая теория планет» (Г. Пурбах, Германия).
1474	«Эфемериды» — планетные таблицы (Регионтан — Йоганн Мюллер, Нюрнберг, Германия).
1474	«Метод лунных расстояний» и эфемериды Луны для определения места корабля в море (Регионтан, Германия).

1496	Первое издание перевода «Альмагеста» с арабского на латинский язык (Венеция; последующие издания: 1515, 1528, 1538 в Базеле, Швейцария).
1515	«Малый комментарий» — первое изложение гелиоцентрической системы мира, в котором были определены относительные расстояния планет от Солнца (Н. Коперник, Польша).
1528	Первое в Европе измерение длины градуса меридиана — 110,6 км (Ж. Фернель, Франция).
1540	«Astronomicum Caesarium» П. Апиана (Германия).
1541	«Первый рассказ» И. Ретика о гелиоцентрическом учении Коперника (издан в Гданьске).
1543, май	«De revolutionibus orbium coelestium libri» — «О вращении небесных сфер» Н. Коперника.
1551	Планетные «Прусские таблицы», вычисленные на основе теории Коперника (Э. Рейнгольд, Германия).
1572, ноябрь	Тихо Браге наблюдал Сверхновую в Кассиопее (Дания).
1576–1596	Тихо Браге создал на острове Вэн (Дания) одну за другой две обсерватории (Ураниборг и Стьернборг).
1582, 15 окт.	Введение в ряде стран Европы григорианского календаря, разработанного по указанию папы Григория XIII (Италия).
1584	В Лондоне издана книга Джордано Бруно (Италия) «О бесконечности, Вселенной и мирах», содержавшая утверждение бесконечности Вселенной и множественности обитаемых миров.
1588	Тихо Браге опубликовал созданную им в 1583 г. геоцентрическую систему мира, в которой Венера и Меркурий обращались вокруг Солнца (о трудах Гераклида он не знал).
1596, 13 авг.	Открытие переменности Миры (*о* Cet) (Д. Фабрициус, Германия).
1597	Тихо Браге вынужден покинуть Данию; через два года поселяется в Праге, где к нему вскоре присоединился И. Кеплер.
1600, 1 мая	Смерть Джордано Бруно в Риме на костре инквизиции.
1600	Экспериментальное доказательство того, что Земля — естественный магнит (У. Гильберт, Англия).
1603	Звездный атлас «Уранометрия» с обозначением ярких звезд каждого созвездия буквами греческого и латинского алфавитов (Иоганн Байер, Германия).
1604, 9 окт.	Вспышка Сверхновой в Змееносце («звезда Кеплера»).
1608	Изобретение зрительной трубы (Г. Липперсгей, Голландия), сразу повторенное Галилеем.
1609	«Новая астрономия, причинно обоснованная» И. Кеплера.
1610	«Звездный вестник» — итог первых телескопических наблюдений, начатых 7 янв. 1610 г.: открытие гор на Луне, фаз Венеры, солнечных пятен, четырех «галилеевых» спутников Юпитера, установление звездной природы Млечного Пути (Г. Галилей, Италия).
1611	«Диоптрика» Кеплера со схемой зрительной трубы из двух двояковыпуклых линз.
1611	Галилей отметил, что Мицар — двойная звезда.
1611	Обнаружение вращения Солнца по видимому перемещению солнечных пятен по его диску (И. Холдсмит, Голландия; И. Фабриций, Германия; Галилей).
1612	Первое описание Большой туманности Ориона (Н.-К. Пейреск, Франция).
1612	Первое упоминание и описание туманности Андромеды (С. Мариус, Германия).
1613	Построение первой кеплеровской трубы (Х. Шейнер, Германия).

1614	«Луны Юпитера» — независимо от Галилея открытые спутники планеты; названы Ио, Европа, Ганимед и Каллисто (С. Мариус).
1614–1617	Метод триангуляции и его применение к градусным измерениям (В. Снеель Реен-Снеллиус, Голландия).
1616	Проект однозеркального рефлектора (с наклонным зеркалом) (Н. Цукки, Италия), позднее независимо предложенный М. В. Ломоносовым (в 1762 г.) и У. Гершелем (в 1787).
1618	Первая параллактическая монтировка, приспособленная для наблюдений Солнца на экране (Х. Шейнер, Германия).
1619	«Гармония мира» Кеплера с третьим (гармоническим) законом движения планет. Его же гипотеза о световом давлении как причине отклонения хвостов комет, пролетающих вблизи Солнца.
1627	«Рудольфовы таблицы» Кеплера, построенные на основе гелиоцентрической теории, содержавшие звездный каталог Тихо Браге с дополнением собственных наблюдений Кеплера (общее число звезд 1005).
1627	«Coelum Stellarum Christianum» (Ю. Шиллер, Аугсбург, Германия).
1630	Обнаружение зависимости периода вращения Солнца от гелиографической широты (Х. Шейнер, Германия).
1631, 7 нояб.	Наблюдение прохождения Меркурия по диску Солнца, предвычисленное Кеплером в 1629 г. (П. Гассенди, Франция).
1632	«Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковой» — популяризация (на итальянском языке; рус. перев. 1948) системы Коперника (Галилей, Италия).
1632, 22 июня	Суд инквизиции над Галилеем; запрещение папой гелиоцентризма.
1638 дек. — 1639	Начало систематических исследований переменности Миры Кита, открытие ее периодичности (И. Гольварда, Нидерланды).
1639, 24 ноября	Предвычисление и наблюдение прохождения Венеры по диску Солнца, определение величины солнечного параллакса (Дж. Хоррокс, Англия).
1640	Применение указателей, а затем нитей в фокальной плоскости телескопа — окулярный микрометр (У. Гаскойн, Англия; Ж. Пикар, А. Озу, Франция).
1642	Основание Копенгагенской обсерватории (Дания).
1647	«Селенография» — подробное иллюстрированное описание поверхности Луны, основанное на наблюдениях с длиннофокусными хроматическими рефракторами (Ян Гевелий, Польша).
1648	Первое разложение света стеклянной призмой (Ян Марек Марци, Чехия).
1651	«Almagestum novum» Г. Риччоли, его же карта Луны, на которой ряд кратеров назван именами астрономов (Италия).
1655–1659	Изобретение астрономических маятниковых часов, открытие кольца Сатурна и его спутника (позднее названного Титаном), измерение угловых диаметров планет, обнаружение вращения Марса, первые наблюдения его полярных шапок, первые наблюдения светлых туманностей (Хр. Гюйгенс, Нидерланды).
1663	В «Развитии оптики» Дж. Грегори (Англия) описана новая схема рефлектора с эллиптическим вторым зеркалом.
1664–1666	Точное измерение осевого вращения Марса и Юпитера (Дж. Кассини, Италия).
1665	И. Ньютон разложил стеклянной призмой солнечный луч в цветную полоску, объяснил хроматичность оптических линз, что привело его к изобретению рефлектора — отражающего телескопа.
1665	Дж. А. Борелли (Италия) вычислил орбиту кометы 1664 г., предположив, что она — парабола.
1665	Ян Гевелий открыл шаровое скопление (М 22).

1667	Снабжение рефрактора разделенными кругами и крестом нитей в фокусе для уточнения угловых измерений (Ж. Пикар, А. Озу, Франция).
1667	Определение повторяемости в 333 дня колебаний блеска Миры Кита (И. Буйо, Франция).
1667	Первое в Европе обнаружение переменности Алголя (β Per) (Г. Монтанари, Италия).
1667	Основание Парижской обсерватории (Франция).
1668	Ян Гевелий в Гданьске издал «Кометографию» (более 400 рисунков комет).
1668–1671	Первый телескоп-рефлектор с плоским вторичным зеркалом (Ньютон).
1669	Первое наблюдение спектра Венеры (Ньютон).
1669	Применение зрительных труб в угломерных инструментах при измерении дуги меридиана (1° оказался равным 111,210 км). Ж. Пикар в 1671 г. опубликовал «Измерение Земли».
1671	Открытие Парижской обсерватории (первый директор — итальянец Дж. Кассини).
1671–1672	Определение параллакса Солнца (9,5″) по наблюдениям Марса в противостоянии из Кайенны (Ж. Рише) и Парижа (Дж. Кассини и Ж. Пикар).
1672	Обнаружение изменения силы тяжести на Земле в зависимости от широты места измерения (Ж. Рише в Кайенне).
1672	Разработка новой оптической схемы рефлектора (Ф. Кассегрен, Франция).
1673	Первый том «Machina coelestium» («Небесного строения»), содержащий описание ряда инструментов, изобретенных автором (Ян Гевелий).
1675, 22 нояб.	Определение конечности скорости света и измерение ее по наблюдениям моментов затмений спутников Юпитера (О. Рёмер, Дания).
1675	Открытие темного кольца, отделяющего внутреннее (яркое) от внешнего кольца Сатурна, — «щель Кассини» (Дж. Кассини).
1675	Основание Гринвичской обсерватории (Англия, первый директор Д. Флемстид). В 1954 г. перенесена в Хёрстмонсо; закрыта в 1998 г.
1676–1678	«Catalogus Stellarum Australium» — первый каталог 335 звезд южного неба (Э. Галлей на о. Св. Елены, Англия).
1678	Начало издания астрономического ежегодника «Connaissance des Temps» (Ж. Пикар, Франция).
1682	Э. Галлей подмечает сходство орбит комет 1531 и 1607 гг.
1683	Дж. Кассини наблюдает зодиакальный свет и дает ему правильное объяснение (Франция).
1687, 7 июля	«Математические начала натуральной философии» (сокращенно — «Principia»), содержащие обоснование трех законов динамики и закона всемирного тяготения, открытого еще в 1684 г. (И. Ньютон, Англия).
1689–1690	Изобретение пассажного инструмента (1689) и меридианного круга (1690), усовершенствование микрометра (О. Рёмер).
1690	Посмертное издание звездного каталога 1564 звезд, созданного без использования оптики Яном Гевелием (Польша) и содержащего эклиптические и (впервые) экваториальные координаты с погрешностью до 2′. В него вошел также каталог Галлея (см. 1676–1678 гг.), составленный с той же точностью, но при помощи оптики.
1691	Разработка методики определения $p_\odot$ по наблюдениям в разных местах Земли прохождения Венеры по диску Солнца (Э. Галлей, Англия).
1692	Основана первая русская астрономическая обсерватория (А. А. Любимов — архиепископ Афанасий, 1641–1702, Холмогоры, Россия).
1693	Формулировка трех законов вращения Луны (Дж. Кассини, Франция).

1698	«Cosmotheoros» Хр. Гюйгенса — сделана первая попытка оценить порядок величины звездных расстояний. В 1717 г. по приказу Петра I был переведен на русский язык.
1701	Устройство под руководством Я. В. Брюса астрономической обсерватории («Навигацкой школы») в Москве.
1704	Первое применение в меридианном круге микрометра с освещенными нитями (О. Рёмер).
1704	Публикация «Оптики» Ньютона.
1705	Подтверждение открытия периодичности некоторых комет, в частности, предсказание возвращения в 1758 г. кометы, в дальнейшем названной кометой Галлея (Галлей).
1712	Начало выхода в свет «Historia Coelestis Britannica» Дж. Флемстида.
1715	Открытие солнечной хромосферы (Галлей).
1717–1718	Открытие собственного движения трех звезд: Альдебарана, Сириуса и Арктура (Галлей).
1725	Основание астрономической обсерватории Петербургской Академии наук (первый директор — француз Ж.-Н. Делиль).
1725	Выход в свет последнего (третьего) тома «Historia Coelestis Britannica» — звездного каталога Дж. Флемстида (около 3000 звезд ярче 7^m) (Англия).
1726	Изобретение температурной компенсации маятников астрономических часов (Дж. Гаррисон, Англия).
1728	Обнаружение аберрации света звезд (1725) и правильное ее объяснение (1728) (Дж. Брадлей, Англия).
1728	«Essai d'optique» (П. Бугер, Франция) — начало астрофотометрии.
1729	Изобретение ахроматического объектива (Ч. Холл, Англия).
1729	«Atlas Coelestis» (Дж. Флемстид, Англия).
1743	«Теория фигуры Земли» (А. Клеро, Франция).
1744	Первая формулировка фотометрического парадокса (Ж. Шезо, Франция).
1746–1780	Мемуары и таблицы по теории движения Луны (Л. Эйлер).
1747	Теоретическая разработка ахроматического объектива (Л. Эйлер).
1748	Изобретение гелиометра, состоящего из двух одинаковых длиннофокусных объективов (П. Бугер, Франция).
1748	Публикация открытия нутации, сделанного еще в 1727 г., и объяснение этого явления (Дж. Брадлей).
1748	Общая формулировка законов сохранения вещества и движения (М. В. Ломоносов, Россия).
1749	Теория прецессии и нутации на основе закона всемирного тяготения (Ж. Д'Аламбер, Франция).
1749	Находка в Сибири каменно-железной глыбы (ок. 700 кг), оказавшейся метеоритом «Палласово железо» — родоначальником Академической метеоритной коллекции и самой научной метеоритики.
1750–1754	Наблюдения звезд южного неба на мысе Доброй Надежды (Н. Лакайль, Франция).
1750	«Теория Вселенной», содержащей иерархию систем, подобных Млечному Пути (Т. Райт, Англия; переиздано в Великобритании в 1971 г.).
1753	«Новая теория движения Луны» (Л. Эйлер).
1753	«Новые таблицы Луны и Солнца» (Т. Майер, Германия; исправил таблицы Л. Эйлера и разделил с ним премию английского правительства).

1755–1762	Каталог 3268 звезд, измеренных в 1750–1762 гг. на пассажном инструменте и с железным квадрантом Грэхема со средней погрешностью $\pm 16^s$ по α и $\pm 1{,}3''$ по δ (Брадлей).
1755	«Всеобщая естественная история и теория неба» И. Канта (Германия), включающая первую космогоническую гипотезу происхождения небесных тел и их систем из пылевых туманностей.
1756 (патент в 1758 г.)	Создание первого ахроматического астрообъектива (Дж. Доллонд, Англия).
1757	Первое определение масс планет, не имеющих спутников (А. Клеро, Франция).
1758	Очередное появление кометы, получившей позднее название «комета Галлея», возвращение которой было предвычислено А. Клеро (И. Палич, Австрия).
1758	Изобретение гелиометра, состоящего из двух половинок распиленного объектива (Доллонд, Англия).
1760	Разработка законов фотометрии («Фотометрия» — И. Ламберт, Германия).
1761, 26 мая	Открытие М. В. Ломоносовым атмосферы Венеры при наблюдении прохождения планеты по диску Солнца (Россия).
1761	В «Космологических письмах об устройстве Вселенной» Ламберта содержится идея иерархической структуры бесконечной Вселенной.
1762	Описание однозеркального телескопа с наклонным зеркалом (М. В. Ломоносов, позднее, в 1787 г., У. Гершель).
1762	Завершение 60 000 измерений положений 3000 звезд Дж. Брадлеем (Англия).
1763	«Coelum Australe Stelliferum» Н. Лакайля — каталог более 10 000 южных звезд по наблюдениям 1751–1752 гг.; названия ряда южных созвездий (см. табл. 42).
1764–1771	Вывод параллакса Солнца (8,67″) из наблюдений прохождений Венеры по диску Солнца в 1761 и 1769 гг. (С. Я. Румовский, Россия).
1766–1772	Найдено правило («закон Тициуса—Боде»), которому подчиняются средние расстояния планет от Солнца (И. Тициус, И. Боде, Германия).
1772	Новая, более совершенная теория движения Луны (Л. Эйлер).
1772	Исследована небесномеханическая проблема трех тел (Ж. Лагранж, Франция).
1773	П. Лаплас (Франция) привел доказательство устойчивости Солнечной системы.
1774–1781	«Каталог туманностей и звездных скоплений» Ш. Мессье (Франция); изд. 1774 г. — 45 объектов; изд. 1781 г. — 103 объекта.
1774	Определение массы Земли и ее средней плотности (4,7 г/см^3) из наблюдений отклонений отвеса вблизи горы (Н. Маскелайн, Г. Кавендиш, Англия).
1774	Открытие воронкообразной формы солнечных пятен (А. Вилсон, Шотландия).
1776 до 1821	Открытия и исследования визуально-двойных звезд (У. Гершель, Англия).
1778	«Атлас неба», содержащий на 20 листах 17 240 звезд (И. Боде, Германия).
1779	Первый каталог 690 визуально-двойных звезд, из которых 60 открыто впервые (Хр. Майер, Германия).
1781, 13 марта	Открытие планеты Уран, принятой сначала за комету (У. Гершель).
1782–1784	Начало открытий и систематических исследований переменных звезд (Алголь и β Lyr — Дж. Гудрайк; η Aql и R CrB — Э. Пиготт, Англия).
1783	А. И. Лексель (Россия) определил, что открытое за два года до этого У. Гершелем небесное тело не комета, а новая планета (Уран), и вычислил ее орбиту.
1783	«Cometographie» А. Пингре (Франция) — первое крупное исследование комет.
1783	Открытие движения Солнца в пространстве среди звезд, определение апекса солнечного движения (У. Гершель).

1784	Каталог более 400 «туманных объектов» и обнаружение закономерностей в их распределении на небе (У. Гершель).
1785–1786	Метод «черпков» для исследования строения Галактики; первые оценки ее размеров и формы (У. Гершель).
1786	Первый каталог 12 переменных звезд (Э. Пиготт, Англия).
1786	Каталог первой тысячи новых туманностей и скоплений звезд; дополнения в 1789 г. (1000 объектов) и в 1802 г. (свыше 500) (У. Гершель).
1787	Изобретение усовершенствованного хронометра (Дж. Гаррисон, Англия).
1789	Предсказание возможности существования космических тел, которые теперь называют черными дырами (П. Лаплас, Франция).
1789	Завершение создания 40-футового (диаметром 122 см) рефлектора и открытие спутников Сатурна — Энцелада и Мимаса (У. Гершель).
1791	Подтверждение существования атмосферы на Венере из наблюдений потемнения диска к краю и удлиннения «рогов» близ нижних соединений (И. Шрётер, Германия).
1794	Создание теории космического происхождения метеоритов на примере «Палласова железа» (Э. Хладни, Германия; опубликовано в Риге и Лейпциге).
1796	«Изложение системы мира» П. Лапласа; в 5-й книге содержится гипотеза образования планет из вращающейся газовой туманности.
1796	На конгрессе в Готе создана группа из 24 астрономов для поисков планеты, которая согласно «правилу Тициуса—Боде» должна находиться на среднем расстоянии 2,8 а. е. от Солнца.
1797	Усовершенствование методов вычисления параболических орбит комет по трем наблюдениям (Г. Ольберс, Германия).
1798	Определение постоянной гравитации, уточнение значения средней плотности Земли (5,48 г/см^3) и ее массы из опытов с крутильными весами (Г. Кавендиш).
1798	«Трактат по теоретической астрономии» Ф. И. Шуберта в треф томах (Петербург, Россия).
1798	Первые два тома «Трактата по небесной механике» П. Лапласа (3-й том — 1802, 4-й — 1805, 5-й — 1825 гг.), содержащие общую теорию фигур небесных тел на основе закона всемирного тяготения, а также теорию их движения под действием притяжения и сопротивления среды.
1798–1799	Открытие хондр в каменных метеоритах (Д. Вильямс, Англия).
1799, 12 нояб.	Открытие метеорного потока Леонид (А. Гумбольдт, Германия).
1800	«Fasciculus astronomicus» (Ф. Волластон, Англия).
1800	Открытие инфракрасного излучения при измерении распределения энергии в спектре Солнца за пределами видимого спектра (У. Гершель).
1801, 1 января	Открытие первой малой планеты — Цереры (Дж. Пиацци, Италия).
1801	Каталог положений 47 380 звезд (П. Лаланд, Франция).
1802, 28 марта	Открытие второго астероида — Паллады (Г. Ольберс).
1802	Определение параллакса Солнца (8,56″) по параллактическому неравенству Луны (П. Лаплас).
1802	Изобретение щелевого спектрографа и открытие первых семи темных линий в спектре Солнца, принятых за границы между цветами (В. Волластон, Англия).
1803, 9 июня	У. Гершель устанавливает, что несколько двойных звезд, наблюдавшихся им в течение 25 лет, являются подлинными системами двух звезд, связанных силами взаимного тяготения; он же изобрел окулярный микроскоп.
1804, 2 сент.	Открытие третьего астероида — Юноны (К. Хардинг, Германия).
1806–1817	Усовершенствование ахроматического объектива и первое измерение длин волн линий солнечного спектра (Й. Фраунгофер, Германия).

1807, 29 марта	К. А. де Видманштеттен (Австрия) открыл кристаллическую структуру метеорного железа; опубликовано в 1812 г. До него это же открытие сделал В. Томсон (опубликовано в 1804 г.), но оно оказалось забыто.
1809	«Теория движения небесных тел, обращающихся вокруг Солнца по коническим сечениям». Метод определения орбит по трем наблюдениям (К. Гаусс, Германия).
1811	Ольберс высказал предположение об отталкивательной силе солнечных лучей как причине образования кометных хвостов.
1813–1852	Всесторонние исследования двойных звезд, опубликованные в трех больших работах в 1827, 1837 и 1852 гг. (В. Я. Струве, Россия).
1814	Второе издание положений 7646 звезд; первое (1803 г.) содержало 6748 звезд (Д. Пиацци).
1814–1815	Описание более 300 линий солнечного спектра и измерение их длин волн (Й. Фраунгофер).
1816–1855	Определение длины дуги меридиана от Северного Ледовитого океана до Дуная («дуга Теннера—Струве», Россия).
1817–1827	Шеститомная «История астрономии» (Ж. Деламбр, Франция).
1817	Луна и планеты имеют солнечный спектр — доказательство того, что они светят отраженным светом (Й. Фраунгофер).
1818	Открытие Ж. Понсом кометы, возвращение которой было предсказано И. Энке (ее назвали «кометой Энке»).
1818	«Основы астрометрии» Ф. Бесселя содержали переработанные им наблюдения Брадлея 1750–1762 гг. — каталог положений 3222 звезд, уточненные значения многих астрономических постоянных, а также таблицы рефракции.
1820	Основание Королевского астрономического общества в Лондоне (Англия).
1821	Начало издания журнала «Astronomische Nachrichten» («Астрономические известия») (Х. Шумахер, Германия).
1822	«Новый атлас неба», в котором впервые не было «изображений» созвездий (К. Гардинг, Германия).
1822	«Каталог 795 двойных звезд» (В. Я. Струве, Дерпт, Россия).
1824	В Дорпате (Дерпте) установлен самый большой в мире рефрактор Фраунгофера.
1824	По наблюдениям прохождений Венеры по диску Солнца в 1761 и 1769 гг. Энке определил параллакс Солнца: 8,5667″.
1826	Г. Ольберс — новая формулировка «фотометрического парадокса».
1827	Первый метод определения элементов визуально — двойных звезд (Ф. Савари, Франция).
1829	Основание английской обсерватории на мысе Доброй Надежды (Капской).
1831	Изобретение магнитометра и установление единицы магнитной индукции, названной затем «гауссом» (К. Ф. Гаусс, Германия).
1831	Проведения градусного измерения в Восточной Европе (В. Я. Струве).
1831	Основание астрономической обсерватории Московского университета (Д. М. Перевощиков, Россия).
1832–1838	Наблюдения южных звезд и туманностей на мысе Доброй Надежды (Дж. Гершель).
1833, 12 нояб.	Установление существования радианта метеорного потока Леонид, его периодичности и доказательство космического происхождения «падающих звезд» (Д. Олмстед, США).
1833	«Практическая астрономия» А. Н. Савича (Россия).
1833	«Очерки астрономии» Дж. Гершеля (Англия).

1834	Бессель предсказывает существование спутника Сириуса по периодическим колебаниям его собственного движения.
1835	Новая переработка результатов наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца в 1761 и 1769 гг. дает $p_\odot = 8{,}571'' \pm 0{,}037''$ (И. Энке).
1836, 15 мая	Открытие «четок Бейли» при наблюдении начала и конца полной фазы солнечного затмения (Ф. Бейли, Шотландия).
1837–1839	Первые измерения параллаксов звезд (В. Я. Струве, Ф. Бессель, Т. Гендерсон, Англия).
1837	Издана книга «Луна» с первой точной картой поверхности (В. Бер и И. Мёдлер, Германия).
1837	Установление периодичности (в 33 года) метеорного потока Леонид (Г. Ольберс).
1839, 19 авг.	Открытие Пулковской обсерватории (первый директор В. Я. Струве).
1839	Первая попытка фотографирования Луны (Л. Дагер, Франция).
1840	Основание Гарвардской обсерватории (США).
1840	Дж. Дрэпер (США) получает первую фотографию Луны.
1840	Обнаружение общего собственного движения (0,055″/год) ярких звезд скопления Плеяды.
1842	Применение дагерротипии для изучения спектра Солнца.
1842	Установление «принципа Доплера» (Х. Доплер, Австрия).
1842–1843	Определение постоянной нутации (9,22″) и обнаружение изменяемости широт на Земле (Х. И. Пегерс, Россия).
1843	Обнаружение относительного смещения спектральных линий в спектрах восточного и западного краев диска Солнца (Х. Доплер).
1843	Каталог всех звезд, видимых невооруженным глазом, и атлас Ф. Аргеландера «Новая Уранометрия» (Германия).
1843–1844	Установление периодичности появления солнечных пятен (Г. Швабе, Германия, опубликовано в 1851 г.).
1844	Подтверждение существования у Сириуса невидимого спутника и обнаружение спутника у Проциона — будущие первые белые карлики (Ф. Бессель).
1845	Завершение лордом Россом (В. Парсонс, Ирландия) создания самого большого рефлектора с зеркалом диаметром 72 дюйма (182 см).
1845	Опубликование «Космоса» А. Гумбольдта (Германия).
1845	Первые фотографии Солнца (И. Физо и Ж. Фуко, Франция).
1845–1850	Открытие спиральной структуры некоторых ярких туманностей (лорд Росс, Ирландия).
1846, 23 сент.	Открытие планеты Нептун по предвычислениям У. Леверье (И. Галле, Берлинская обсерватория, Германия); проведенные в то же время Дж. Адамсом (Англия) вычисления не были использованы наблюдателями Гринвичской обсерватории, куда он их прислал.
1846	У. Лассел (Англия) открыл спутник Нептуна Тритон.
1847	«Каталог Британской Ассоциации» — сводный каталог 47 390 звезд (Ф. Брадлей, Англия).
1847	«Этюды звездной астрономии» В. Я. Струве, изданные на французском языке (на русском изданы лишь в 1951 г.); обнаружение межзвездного поглощения света и оценка его средней величины.
1847	Опубликованы наблюдения Дж. Гершеля в Южной Африке.
1848	У. Лассел открыл восьмой спутник Урана Гиперион.
1848	Э. Рош (Франция) доказал, что кольца Сатурна не могут быть сплошными (они ближе «предела Роша»).

1848	Х. И. Петерс опубликовал результаты определений параллакса 8 звезд (Пулково, Россия).
1849	Экспериментальная проверка конечности скорости света (И. Физо, Франция).
1850	Дж. Бонд (США) открыл внутреннее (креповое) кольцо Сатурна.
1850–1858	Начало широкого применения фотографии в астрономии (США, Англия, Россия).
1851	Первые фотографии-дагерротипы солнечной короны, полученные во время полного затмения немецким фотографом-профессионалом Берковским на обсерватории в Кенигсберге (Германия) при помощи 16-м гелиометра Фраунгофера с выдержкой 24 с.
1851	Маятник Фуко — прибор для наглядной демонстрации вращения Земли (Франция).
1851	У. Лассел открыл два спутника Урана — Ариэль и Умбриэль.
1851–1852	Обнаружена связь геомагнитных возмущений с солнечными пятнами (И. Ламонт, Шотландия; Р. Вольф, Швейцария; Э. Сэбин, Англия; А. Готье, Франция).
1854	Математические основы общей теории относительности (Г. Риман, Германия).
1854	Обнаружение «противосияния» (Т. Брорзен, Дания).
1855	Начало составления ежегодников «Американские эфемериды» (США).
1856	Изобретение химического способа серебрения зеркал рефлекторов (Ю. Либих, Германия).
1857	Первые удачные фотоснимки лунной поверхности получил У. Де ла Рю (Англия), приспособив часовой механизм к астрографу.
1857–1861	Исследование вековых возмущений семи больших планет (Д. М. Перевощиков, Россия).
1857–1863	Составление четырехтомного каталога и атласа 324 000 звезд северного неба — «Боннского обозрения неба», BD (Ф. Аргеландер, Бонн, Германия).
1857	Н. Погсон (Англия) предложил принять как отношение освещенности от двух звезд с различием блеска в одну звездную величину число $10^{0,4} \approx 2{,}512$.
1858	Первый фотографический объектив для фотогелиографа (У. Де ла Рю, Англия).
1858	Появление кометы Донати, превзошедшей по яркости все наблюдавшиеся ранее кометы.
1859	Первый вывод элементов земного шара как трехосного эллипсоида (Ф. И. Шуберт, Россия).
1859–1860	В сочинении «О законах собственного движения звезд каталога Брадлея» М. А. Ковальский (Казань, Россия) разработал математическую теорию вращения Галактики.
1859–1860	Открытие спектрального анализа (Р. Бунзен и Г. Кирхгоф, Германия).
1860	Начало звездной спектроскопии (Д. Донати, Италия; У. Хёггинс, Англия; А. Секки, Италия; Г. Кирхгоф, Германия).
1860	Первое успешное фотографирование короны и протуберанцев во время полного солнечного затмения (А. Секки, Италия, У. Де ла Рю, Англия).
1861	Первые фотографии Солнца в России (М. М. Гусев, Вильно).
1861	Открытие закона изменения гелиографической широты появления солнечных пятен в зависимости от фазы цикла (Г. Шпёрер, Германия).
1862	Д. Донати опубликовал детальное исследование спектров 15 звезд (Италия).

1862	Открытие спутника Сириуса (Сириус B), существование которого было предсказано Ф. Бесселем (А. Кларк, США).
1862–1904	Изучение физической природы комет. Классификация кометных хвостов (Ф. А. Бредихин, Россия).
1863	Первая классификация звездных спектров (А. Секки).
1863	Отождествление линий некоторых химических элементов в спектрах α Ori и α Tau (У. Хёггинс, Англия).
1863	Образование в Гейдельберге Немецкого астрономического общества, имевшего международный характер (до создания в 1919 г. МАС).
1864	Доказательство газовой природы некоторых туманностей, в частности, планетарной туманности в Драконе (У. Хёггинс). Эмиссионные линии в зеленой части спектра приписаны неизвестному элементу — небулию.
1864	Д. Гершель публикует «Общий каталог (5079) туманностей и звездных скоплений».
1864, 4 июля, 5 авг.	Первые спектральные наблюдения комет и обнаружение эмиссионных линий в их спектрах (Д. Донати).
1866	Обнаружение отсутствия астероидов с периодами в 1/2 и 1/3 периода обращения Юпитера — «окна (или «люки») Кирквуда» (Д. Кирквуд, США).
1867	Теория метеорных дождей (Д. Скиапарелли, Италия).
1868	Независимые открытия метода наблюдения протуберанцев и солнечной короны вне затмений (Дж. Н. Локьер, Англия; П. Жансен, Франция).
1868	Первая карта спектра Солнца (А. Ангстрем, Швеция).
1868	Первые (еще визуальные) измерения лучевых скоростей звезд (У. Хёггинс).
1868	Открытие во время полного солнечного затмения в спектре Солнца гелия (Дж. Н. Локьер, Н. Погсон, Англия).
1869	Создание периодической системы элементов (Д. И. Менделеев, Россия).
1869	Открытие первых движущихся скоплений — Гиады и UMa (Р. Проктор, Англия).
1870	Первое наблюдение солнечного «спектра вспышки» — открытие «обращающего слоя» (Ч. Юнг, США).
1870	«Руководство по определению орбит» (Т. Оппольцер, Австрия).
1872	Первая фотография звездного спектра (α Lyr), измерение лучевой скорости звезды (Г. Дрэпер, США).
1872	Установление связи температуры тела с его излучением (закон Стефана) (И. Стефан, Австрия).
1873	В. Клинкерфюс дал метод определения расстояния до звезд — членов движущихся скоплений (Германия).
1873	Первая фотография дифракционного спектра Солнца (от 0,3047 мкм).
1873	Открытие эмиссионных звезд типа Вольфа—Райе (Ш. Вольф и Ж. Райе, Франция).
1874	Основание Медонской обсерватории (Франция).
1874	Первый фотографический атлас Луны (П. Пьюзе и М. Лёви, Франция).
1874	Г. Фогель (Германия) опубликовал «Исследование звездных спектров» и дал им свою классификацию.
1874–1877	Физик Л. Ж. Виоль (Франция), наблюдая на Монблане, оценил температуру поверхности Солнца и измерил солнечную постоянную в 2,54 кал·см$^{-2}$·мин$^{-1}$.
1877	Установление связи метеорных потоков с кометами (Д. Скиапарелли).
1877, авг.	Открытие спутников Марса — Фобоса и Деймоса (А. Холл, США).
1877–1892	Наблюдения поверхности Марса — описание «каналов» (Д. Скиапарелли).

1878	Обнаружение Красного Пятна на Юпитере (Ж. Л. Н. Нистен, Бельгия).
1878	«Карта лунных гор», составленная в Афинах Ю. Шмидтом (Германия). Нанесено 32 856 лунных кратеров.
1879	Атлас и каталог южных звезд «Уранометрия Аргентина» (Б. Гулд, США).
1879	Полная энергия излучения звезды пропорциональна 4-й степени температуры (Й. Стефан, Австрия).
1879	Вывод формулы, которой подчиняются длины волн спектральных линий нейтрального водорода («серия Бальмера», И. Бальмер, Швейцария).
1879	Б. Гулд нашел, что звезды ярче 4^m и близкие к нам звезды классов O–B концентрируются к плоскости, наклоненной к галактическому экватору на 15–17° («пояс Гулда»).
1879–1881	Теория приливов и применение ее к проблемам космогонии. Гипотеза приливной эволюции системы «Земля—Луна» (Дж. Дарвин, Англия).
1881	Теория рассеяния света в атмосфере (Д. Рэлей, Англия).
1881	Первые инфракрасные фотографии спектра Солнца (Г. Дрэпер, США).
1882	Г. Фогель опубликовал «Спектроскопические наблюдения звезд» — первый каталог спектров 4051 звезды до $7{,}5^m$ в полосе неба от +20° до −1°.
1883	Изучение инфракрасного спектра Солнца до 1,4 мкм (А. Беккерель, Франция).
1885	Открытие серебристых облаков (В. К. Цераский, Россия).
1885–1891	Открытие движения земных полюсов и его периодичности (Ф. Кюстнер, Германия; С. Чандлер, США).
1887	«Канон затмений»— итог вычислений элементов 8000 солнечных и 5200 лунных затмений с 1207 г. до н. э. по 2163 г. н. э., содержал также 100 карт с нанесенными линиями всех затмений, видимых до 30° южной широты (Т. Оппольцер, Австрия).
1887	Первые наблюдения затмения Солнца с воздушного шара (Д. И. Менделеев, Россия).
1887	Первая оценка размеров звезд — компонентов Алголя (Э. Пикеринг, США).
1887	Международная конференция в Париже, положившая начало составлению «Астрографического каталога» и «Фотографического атласа неба» (CdC).
1887	«Пятна на Солнце и их движения» А. А. Белопольского (Россия), обсуждение вопросов о причине разной скорости вращения Солнца и о неоднородности его строения.
1888	«Общая теория фигуры Земли» (Ф. А. Слудский, Россия).
1888	Подробный атлас солнечного спектра, полученный при помощи дифракционной решетки (Г. Роуланд, США).
1888	Начало систематического фотографического изучения звездных спектров; определение лучевых скоростей 52 звезд (Г. Фогель, Ю. Шейнер, Германия).
1888–1908	Издание каталога Й. Дрейера NGC туманностей и скоплений с добавлениями IC I и IC II (всего 13 226 объектов).
1889	Изобретение контактного микрометра (Й. Репсольд, Германия).
1889–1890	Открытие первых спектрально-двойных звезд (Э. Пикеринг, США; Г. Фогель, Ю. Шейнер, Германия).
1889–1891	Изобретение спектрогелиографа (Дж. Хейл, США; А. Деландр, Франция).
1890–1924	Разработка гарвардской спектральной классификации, изложенной в 1-м томе 9-томного каталога, носящего имя Г. Дрэпера (HD) (225 300 звезд до 10^m); 3 тома HDE (Extention) — еще 177 000 звезд — были изданы в 1936, 1937 и 1949 гг. (Э. Пикеринг, А. Мори, А. Кэннон, США). Всего в HD 391 000 звезд.

1891	В колебаниях широт на Земле кроме годичного подмечен 14-месячный «период Чандлера» (С. К. Чандлер, США).
1894–1895	Спектральное доказательство (по V_r) метеоритного строения колец Сатурна (А. А. Белопольский, Россия; Дж. Килер, США).
1894–1899	Экспериментальное доказательство принципа Доплера. Открытие изменений V_r у цефеид (А. А. Белопольский). Цефеиды — пульсирующие звезды (Н. А. Умов, Россия).
1895	Разработка современной теории движения Луны (окончательно опубликованной в 1919 г. Э. Брауном, США).
1895	В. Рамзай (Англия) обнаружил на Земле элемент, открытый в спектре протуберанцев в 1868 г. во время солнечного затмения в Индии и названный Дж. Н. Локьером гелием, т. е. солнечным.
1895	Экспериментальное определение нижнего предела температуры поверхности Солнца (3500°) из опытов по расплавлению солнечными лучами тугоплавких веществ в фокусе метрового параболического зеркала (В. К. Цераский); переработка данных Цераского (Ю. Шейнер, Германия) повысила этот предел до 5500°.
1895	Открытие переменных звезд типа RR Lyr в шаровых скоплениях (С. Бейли, США).
1896	Фотографический атлас Луны (М. Леви и П. Пюизе, Франция).
1896–1908	Установлена зависимость формы Солнечной короны от фазы солнечной активности (А. П. Ганский, Россия).
1896	О. Брикеланд (Норвегия) предположил, что полярные сияния вызываются ионизованными частицами, исходящими от Солнца (в наши дни это называют солнечным ветром).
1896	На основе подробного атласа солнечного спектра (длиной более 13 м) от 297,5 до 733,1 нм (см. 1888 г.) составлены таблицы почти 20 000 спектральных линий (Г. Роуланд, США).
1897	Основана Йеркская обсерватория Чикагского ун-та США, где в этом же году был установлен самый крупный в мире рефрактор (диаметр 102 см, фокусное расстояние 19,4 м).
1898	Начались систематические исследования переменных звезд типа RR Lyr в шаровых скоплениях (С. Бейли).
1898	«Новые методы небесной механики» (А. Пуанкаре, Франция).
1900–1904	Космогоническая «планетезимальная» гипотеза Т. Чемберлина и Ф. Мультона (США) образования планет в итоге приливного выброса солнечного вещества при близком прохождении звезды около Солнца.
1900–1910	Экспериментальное доказательство давления света на пылевые и газовые частицы (П. Н. Лебедев, Россия).
1901	Разработка спектральной классификации звезд Гарвардской обсерватории (А. Кэннон, Э. Пикеринг, США).
1901	Фотографическая фотометрия звезд (К. Шварцшильд, Германия).
1902	«Небесная механика» (К. Шарлье, Швеция).
1903–1912	Первое научное сочинение по космонавтике — «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (К. Э. Циолковский, Россия).
1903–1905	Определение звездной величины Солнца (В. К. Цераский, Россия).
1904	Открытие стационарных линий межзвездного Ca II в спектре δ Ori (Й. Гартман, Германия).
1904	Основание обсерватории Маунг Вилсон (Дж. Хейл, США).
1905	Обнаружение деления звезд поздних спектральных классов на карлики и гиганты (Э. Герцшпрунг, Дания).

1906	Открытие первых астероидов — «троянцев» (М. Вольф, А. Копфф, Германия).
1908	Обнаружение магнитных полей солнечных пятен (Дж. Хейл).
1908	Установка 60-дюймового рефлектора на обсерватории Маунт Вилсон (США).
1908, 30 июня	В районе Подкаменной Тунгуски (Сибирь, Россия) произошло явление, получившее название «Тунгусский метеорит», однако поиски осколков метеорита остались безуспешными.
1908–1912	Открытие зависимости «период—светимость» у цефеид (Г. Ливитт, США).
1908–1910	Первые исследования лунных приливов в земной коре (А. Я. Орлов, Россия).
1909	Обнаружение вращения звезд по его влиянию на кривую лучевых скоростей затменно-двойных звезд δ Lib и λ Tau (Ф. Шлезингер, США).
1909–1910	Применение светофильтров к изучению поверхности Марса (Г. А. Тихов, Россия).
1909–1910	Обнаружение избирательного (селективного) поглощения света путем применения метода «продольного спектрографа» — объектива с большой хроматической аберрацией (Г. А. Тихов).
1910	Начало фотоэлектрических наблюдений звезд с селеновым фотоэлементом (Д. Стеббинс, США).
1910–1912	«Гёттингенская фотометрия» — первый каталог фотографических звездных величин (К. Шварцшильд).
1910–1914	Начало разработки теории звездных атмосфер (К. Шварцшильд).
1911–1914	Диаграмма «цвет—звездная величина» для скоплений Плеяды и Гиады, которая привела к диаграмме «спектр—светимость» Герцшпрунга—Рассела (Э. Герцшпрунг).
1912	Обнаружение связи периодов со звездными величинами у переменных звезд в Малом Магеллановом Облаке (Г. Ливитт).
1912	Первые определения лучевых скоростей галактик (В. Слайфер, США).
1913	Обнаружение перемены знака полярности магнитного поля солнечных пятен (откуда вытекает 22-годичный цикл — «цикл Хейла», США).
1913	Первые опыты по фотометрии звезд с вакуумными фотоэлементами (П. Гутник, Германия).
1913	Теория строения атома водорода, объяснившая серии линий в звездных спектрах (Н. Бор, Дания).
1913–1916	Метод определения спектральных параллаксов звезд (У. Адамс, США и А. Кольшюттер, Германия).
1914–1919	Пульсационная теория цефеид (Х. Шепли, США). Он же установил нуль-пункт зависимости «период—светимость» для цефеид.
1914	По неравенствам в движении Луны и планет открыты вековые и нерегулярные изменения скорости вращения Земли (Э. Браун, США).
1914	Начало разработки теории зодиакального света (В. Г. Фесенков, Россия).
1915–1916	А. Эйнштейн показал, что около края солнечного диска должно происходить отклонение лучей звезд на 1,75″ («эффект Эйнштейна»).
1915	Открытие первого белого карлика (спутник Сириуса) (У. Адамс, США).
1916–1917	Измерения V_r галактик. Значения V_r оказались преимущественно положительными (В. Слайфер, Ф. Пиз, США). Открытие вращения некоторых галактик по дифференциальным V_r (В. Слайфер).
1916	Начало теоретического изучения внутреннего строения звезд, механизма передачи энергии от центра к поверхности и источников звездной энергии (А. Эддингтон, Англия).

1918	Исследование распределения в пространстве 69 шаровых скоплений и оценка расстояния Солнца от центра системы шаровых скоплений в 30 000 световых лет (Х. Шепли, США).
1918	На обсерватории Маунт Вилсон установлен 254-сантиметровый рефлектор (самый большой в мире до 1949 г.).
1919	Гипотеза об источнике звездной энергии: превращение водорода в гелий (Ж. Перрен, Франция).
1919	Каталог 182 темных туманностей в Галактике (Э. Барнард, США).
1919	Подтверждение «эффекта Эйнштейна» во время солнечного затмения 1918 г. (А. Эддингтон, Англия).
1919, июль	Образован Международный астрономический союз — МАС.
1919–1923	Установление зависимости «масса—светимость» у звезд (Э. Герцшпрунг, Г. Рассел, А. Эддингтон).
1920	Источниками звездной энергии являются ядерные реакции (А. Эддингтон и Р. Аткинсон, Англия).
1920	Теория ионизации атомов звездных атмосфер — основа интерпретации звездных спектров (М. Саха, Индия).
1920	Открытие красного смещения линий в спектрах далеких галактик (В. Слайфер, США).
1920–1923	Интерферометрические измерения диаметров ряда звезд (А. Майкельсон и Ф. Пиз, США).
1922	Разработка моделей релятивистской Вселенной в предположении ее нестационарности (А. А. Фридман, РСФСР).
1923	Галактики находятся вне системы Млечного Пути — открытие цефеид в М 31 (Э. Хаббл, США).
1923	Изобретение спектрогелиографа (Дж. Хейл, США).
1923	Разработка метода кривых роста для изучения распространенности химических элементов в космосе (М. Миннарт, Нидерланды).
1924	Основание волновой механики (Л. де Бройль, Франция).
1924	По проекту В. Бауэрсфельда построен первый оптический проекционный аппарат планетарий («Карл Цейс», Йена, Германия).
1924	Надежное разрешение на звезды галактик М 31 и М 33 (Э. Хаббл, США), которое проявлялось еще на снимках Дж. Ричи (США) в 1910 г.
1925	Определение численности и распределения звезд в Галактике (Ф. Сирс, США и П. ван Рейн, Нидерланды).
1926–1927	Открытие вращения Галактики вокруг центра, находящегося в созвездии Стрельца (Б. Линдблад, Швеция и Я. Оорт, Нидерланды).
1927–1932	Физическая теория газовых туманностей (В. А. Амбарцумян, СССР и Х. Занстра, Нидерланды).
1927	Открытие дифференциального вращения Галактики (Я. Оорт).
1928	Разработка спектрального метода изучения вращения звезд (Г. А. Шайн, СССР, совместно с О. Струве, США).
1928	Идея радиолокации Луны (Н. Д. Папалекси и Л. И. Мандельштам, СССР), осуществленная в 1945 г. в США и Венгрии.
1929	Открытие закона «красного смещения» в спектрах галактик (Э. Хаббл).
1929	Изобретение способа алюминирования зеркал распылением в вакууме (Д. Стронг, США).
1930	Первая монография о звездных скоплениях (Х. Шепли).
1930	Изобретение внезатменного коронографа (Б. Лио, Франция).

1930	Окончательное установление существования межзвездного общего и избирательного (селективного) поглощения света (Р. Тремплер, США).
1930, 13 марта	Открытие Плутона (К. Томбо, США).
1930	Применение достижений ядерной физики к объяснению источников звездной энергии (Г. Бете и Г. А. Гамов, США).
1930	В статье «Кристаллические часы» дано первое описание кварцевых часов (В. Мэррисон, США).
1931, 17 февр.	Астероид Эрос прошел на расстоянии 0,17 а. е. от Земли, что позволило уточнить величину астрономической единицы (Спенсер Джонс, Англия).
1931, дек.	Открытие космического радиоизлучения от обширной области центра Млечного Пути на волне 14,7 м (радиоинженер К. Янский, США).
1932	Изобретение новой оптической системы рефлектора, свободного от комы, астигматизма и сферической аберрации (Б. Шмидт, Эстония).
1932	В атмосфере Венеры обнаружено большое количество углекислого газа CO_2 (У. Адамс, Т. Данхем мл., США).
1932	Идея фасеточного зеркала для телескопов (Хорн д'Артуро, Италия).
1932	Метод определения расстояний до планетарных туманностей (Б. А. Воронцов-Вельяминов, СССР).
1932	Предсказания возможности существования сверхплотных, по массе сравнимых с Солнцем звезд, названных позднее нейтронными (Л. Д. Ландау, СССР).
1933	Разработка теории лучистого равновесия планетарных туманностей и теории возбуждения метастабильных уровней в газовых туманностях (В. А. Амбарцумян, СССР).
1933	В связи с открытием нейтрона В. Бааде и Ф. Цвикки (США) предположили, что вспышки сверхновых звезд есть результат катастрофического сжатия (коллапса) нормальной звезды в сверхплотную нейтронную звезду.
1934	Установление зависимости амплитуды колебаний блеска от величины предшествующего цикла новоподобных переменных звезд (Б. В. Кукаркин и П. П. Паренаго, СССР).
1935	Вступление СССР в МАС.
1935–1936	Обоснование короткой шкалы возраста Галактики на основе новых методов статистического исследования звездных систем (В. А. Амбарцумян).
1936–1940	Вывод элементов эллипсоида Земли (Ф. Н. Красовский, СССР).
1937	Метод определения потенциальных энергий рассеянных звездных скоплений, подтвердивший «короткую шкалу» возраста Галактики (В. А. Амбарцумян).
1937–1940	Первый радиотелескоп и открытие дискретных источников радиоизлучения (радиолюбитель-коротковолновик Г. Ребер, США).
1937–1941	Обнаружение спектральных линий межзвездных молекул (П. Свингс, Бельгия; Э. Мэккеллер, США).
1938	Доказательство клочковатой структуры поглощающего свет вещества (В. А. Амбарцумян и Ш. Г. Горделадзе, СССР).
1938	Схема эволюции звезд (Э. Эпик, Эстония).
1938	Выделение областей HII вокруг горячих звезд (Б. Стремгрен, Дания).
1938	Первое кинематографирование протуберанцев (Б. Лио, Франция).
1938	Выход в свет «Теоретической астрофизики» В. А. Амбарцумяна.
1939	Предсказание возможности существования массивных невидимых звезд, названных в 1970-х гг. черными дырами (Р. Оппенгеймер, Х. Снайдер, США).
1940	Теория флуктуаций в числе звезд, галактик и поверхностной яркости Млечного Пути в связи с проблемой существования облаков поглощающего вещества. Определение их характерных размеров ($\sim$5 пк) и поглощающей способности ($0{,}2–0{,}3^m$) (В. А. Амбарцумян).

1940	Исследования изотопа ^{13}C в атмосферах звезд поздних спектральных классов (Г. А. Шайн, СССР).
1940	«Фотометрический атлас солнечного спектра» (М. Миннарт с сотрудниками, Нидерланды).
1940–1945	Статистический метод учета межзвездного поглощения света (П. П. Паренаго, СССР).
1941	Изобретение менисковых оптических систем (Д. Д. Максутов, СССР).
1942	Отождествление многих линий спектра солнечной короны с запрещенными линиями многократно ионизованных атомов Ca, Fe, Ni и некоторых других, приводящее к оценке температуры короны в 1–2 млн К (Б. Эдлен, Швеция).
1942	Крабовидная туманность — остаток вспышки сверхновой SN 1054 г. (Н. Мейолл, США; Я. Оорт, Нидерланды).
1942–1944	Независимые открытия радиоизлучения Солнца на волне 187 см (Дж. Хей, Англия; Дж. Саутуорт, Г. Ребер, США).
1943–1946	Изучение подсистем в Галактике, имеющих разный возраст, происхождение и пути развития (Б. В. Кукаркин, СССР).
1943	Радиоизофоты Млечного Пути (Г. Ребер).
1944	Разрешение на звезды ядер некоторых спиральных галактик и установление звездной природы некоторых эллиптических галактик; разделение звездного населения на два типа (В. Бааде, США).
1944	Предсказание возможности существования космического радиоизлучения нейтрального водорода на волне 21 см (Х. ван де Хулст, Нидерланды).
1944	Открытие метановой атмосферы на спутнике Сатурна Титане (Дж. Койпер, США).
1944	Теория происхождения Земли и планет из газопылевого облака (О. Ю. Шмидт, СССР).
1944–1948	Теория зодиакального света и исследование межпланетного вещества (В. Г. Фесенков, СССР).
1945	Теория точного определения фигуры реальной Земли — геоида (М. С. Молоденский, СССР).
1945	Радиолокация метеорных следов (Дж. Хей, Дж. Стюарт, США; Б. Ю. Левин, П. О. Чечик, СССР).
1945	А. Минёр (Франция) нашел различия в зависимостях период—светимость для двух групп цефеид (подтверждено много позднее В. Бааде).
1945	На базе Симеизского отделения Пулковской обсерватории основана Крымская астрофизическая обсерватория (КрАО) АН СССР.
1946	Первые инфракрасные (до 2,5 мкм) спектры планет и звезд (Дж. Койпер).
1946, 10 янв.	Первая радиолокация Луны (З. Бау, Венгрия, Дж. Хей, Дж. Стюарт, США). Обнаружение радиоизлучения Луны на волне 1,25 м.
1946	Выдвижение концепции «горячей Вселенной» (Г. А. Гамов, США).
1946	Основана Бюраканская астрофизическая обсерватория АН АрмССР.
1947	Открытие интенсивных и знакопеременных магнитных полей у звезд (Г. Бэбкок, США).
1947	Открытие глобул (Б. Бок и Э. Рейли, США).
1948	Открытие радиоизлучения Крабовидной туманности — М 1, радиоисточник Tau A (Дж. Болтон, Австралия).
1948	Открытие нового типа звездных скоплений — звездных ассоциаций. Идея продолжающегося звездообразования (В. А. Амбарцумян, Б. Е. Маркарян, СССР).

1948	Первые запуски ракет в высокие слои земной атмосферы. Обнаружение с их помощью рентгеновского излучения солнечной короны (Р. Таузи, США).
1948	Фотографическое обнаружение поляризации света звезд (В. Хилтнер, Дж. Холл, США; В. А. Домбровский, СССР).
1948	Теоретическое обоснование возможности уже с имеющимися техническими средствами обнаружить радиоизлучение HI на волне 21 см (И. С. Шкловский).
1948	Фотографирование центральной области Галактики с помощью ЭОП в инфракрасном диапазоне спектра (В. Б. Никонов, В. И. Красовский и А. А. Калиняк, СССР).
1949	Создание пятиметрового (508 см) рефлектора обсерватории Маунт Паломар (США).
1949	Создание теории ионизации и радиоизлучения солнечной короны (И. С. Шкловский).
1949–1953	Обнаружение большого числа новых газовых туманностей в Галактике и в других галактиках (Г. А. Шайн и В. Ф. Газе, СССР).
1949–1953	Предсказание существования в межзвездном пространстве молекул OH, CH и некоторых других (И. С. Шкловский).
1950	Я. Оорт предположил существование на расстояниях до половины среднего межзвездного расстояния в окрестностях Солнца облака, содержащего до 10^{11} объектов, дающих начало долгопериодическим кометам («облако Оорта»).
1951	Обнаружение ранее теоретически предсказанного космического радиоизлучения HI на волне 21 см (Х. Юэн, Э. Парселл, США, а также в Нидерландах и в Австралии).
1951	Первые успехи электронной фотографии (А. Лальман, Франция).
1951	Построение с помощью ЭВМ точной теории движения пяти внешних планет (Дж. Эккерт, Бауэр, Дж. Клеменс, США).
1951	Первые попытки обнаружить спиральную структуру Галактики в эмиссии HI на волне 21 см (Х. Юэн, Э. Парселл, США).
1951	Введение в астрофизику понятия «солнечного ветра», определяемого динамическим состоянием короны (Л. Бирман, ФРГ).
1952–1962	Пересмотр (удвоение) шкалы межгалактических расстояний (В. Бааде, А. Сендидж, США).
1952	«Атлас открытых звездных скоплений» — основа их дальнейшей классификации (Б. Е. Маркарян).
1953	Идея сверхскоплений галактик — сверхгалактик (Ж. де Вокулер в Австралии).
1953	Обнаружение в ядре Галактики радиоисточника Sgr A (Д. Болтон с сотр., США).
1953	Непрерывный спектр радиоизлучения Крабовидной туманности объяснен синхротронным излучением электронов в магнитном поле, что сопровождается поляризацией излучения (И. С. Шкловский, СССР).
1954	Открытие сверхкороны Солнца (В. В. Виткевич, СССР).
1954	Идея активности ядер галактик (В. А. Амбарцумян).
1954	Опубликована монография П. П. Паренаго «Исследование звезд в области туманности Ориона» (Тр. ГАИШ. Т. 25. С. 1–547 + 12 карт.).
1954	Независимые открытия предсказанной И. С. Шкловским поляризации оптического излучения Крабовидной туманности (В. А. Домбровский, ЛГУ и М. А. Вашакидзе, Абастуманская АО ГССР).
1955–1957	Создание радиотелескопа Джодрелл-Бэнк Манчестерского университета диаметром 76,2 м (Англия).
1955–1956	Открытие радиоизлучения Юпитера (Б. Берк, К. Франклин, США).

1955	Газопылевые облака концентрируются к плоскости Галактики и обнаруживают вытянутость параллельно этой плоскости (Г. А. Шайн, СССР).
1956	Обнаружение радиоизлучения Венеры (К. Майер, Т. Маккаллаф, Р. Слоунекер, США).
1956	Начало наблюдений на Большом веерном радиотелескопе, созданном в Пулкове (С. Э. Хайкин и Н. Л. Кайдановский, СССР).
1956	Создана Серпуховская станция ФИАН, на которой в 1958 г. начал работать 22-метровый параболический радиотелескоп.
1957, 4 окт. и 3 нояб.	Запуски первых в мире ИСЗ (СССР).
1958, 15 мая	Запуск первого американского ИСЗ.
1958, 23 окт. и 4 нояб.	Спектральные свидетельства вулканической деятельности на Луне — эмиссионный спектр газа, выделившегося из центральной горки кратера Альфонс (Н. А. Козырев, СССР).
1958–1960	Открытие радиационных поясов Земли (Дж. ван Аллен, США; С. Н. Вернов, А. Е. Чудаков с сотр., СССР).
1958	Установление важной эволюционной роли ядер галактик (В. А. Амбарцумян).
1959	Впервые проведена радиолокация Солнца (США).
1959	Межзвездный водород должен излучать рекомбинационные радиолинии (при переходах электронов между очень высокими уровнями) (Н. С. Кардашев, СССР).
1959	Теория пульсационной звездной переменности (С. А. Жевакин, СССР).
1959, 2 янв.	КА «Луна-1» пролетел (4 янв.) на близком расстоянии от Луны, не обнаружив у нее магнитного поля.
1959, 12 сент.	КА «Луна-2» достиг (14 сент.) поверхности Луны; подтвердилось отсутствие у нее магнитного поля.
1959, 11 окт.	КА «Луна-3» произвел облет и фотографирование большей части обратной стороны Луны (СССР).
1960	Предсказание существования колец Юпитера, открытых 5 марта 1979 г. АМС «Вояджер-1», США (С. К. Всехсвятский, СССР).
1961, 12 апр.	Первый полет человека в околоземное космическое пространство — КК «Восток-1» (Ю. А. Гагарин, СССР).
1961, 18–26 апр.	Радиолокация Венеры, затем Меркурия, Марса и Юпитера (В. А. Котельников с сотр., ИРЭ АН СССР). Уточнение а. е.: 149 599 300 ± 2000 км. Определен период вращения Венеры $243 \pm 0{,}5^d$ (в обратном направлении).
1961, 26 апр.	Первые измерения диффузного космического γ-излучения по данным АМС «Эксплорер-11» (Х. Фридман, США).
1961	Открытие пылевых спутников Земли вблизи точек либрации L_4 и L_5 (аналогично троянцам на орбите Юпитера) (К. Кордылевский, Польша).
1962, 20 февр.	Первый американский орбитальный пилотируемый полет (Д. Гленн, США).
1962	Открытие первого галактического источника рентгеновского излучения в созвездии Скорпиона (Sco X-1) — начало рентгеновской астрономии (Р. Джаккони, Х. Гурский, Ф. Паолини, Б. Росси, США).
1963	Открытие интенсивных и компактных объектов нового типа — квазаров — наиболее удаленных от нас космических тел (М. Райл, Англия; М. Шмидт, США).
1963	Открытие галактик с УФ избытком нетеплового излучения ядер (Б. Е. Маркарян, СССР).
1963	У звезды Барнарда имеется невидимый спутник — планета, а может быть, не одна (П. ван де Камп, США). Позже не подтвердилось.

1963	Открытие рентгеновского источника Tau X-1 в Крабовидной туманности и подтверждение источника Sco X-1 (Х. Фридман с сотр. при внеатмосферных исследованиях с ракет, США).
1963	Окончательное установление наличия обширных корон у звездных скоплений (П. Н. Холопов, СССР).
1963	Открытие предсказанного в 1949 г. И. С. Шкловским радиоизлучения межзвездных молекул гидроксила ОН на волне 18 см (Ч. Таунс, США).
1963	Предложена схема радиоинтерферометров со сверхдлинными базами («глобальный интерферометр») (Н. С. Кардашев, Г. Б. Шоломицкий и Л. М. Матвеенко, СССР).
1963, 13 сент.	Первая лазерная локация Луны (КрАО АН СССР).
1965	Радиолокация Меркурия дала период обращения $59{,}3 \pm 2^d$ (неподвижный радиотелескоп диаметром 305 м в Аресибо, Пуэрто-Рико).
1965–1966	Обнаружение предсказанного теорией «горячей Вселенной» микроволнового теплового излучения с температурой 3 К, названного И. С. Шкловским «реликтовым» (А. Пензиас, Р. Вилсон, США).
1965, 15 июля	Открытие кратеров на Марсе, исследование его атмосферы (телепередача с КА «Маринер-4», США).
1965, 20 июля	Фотографирование обратной стороны Луны КА «Зонд-3» (СССР).
1966, 3 февр.	Первая мягкая посадка на Луну (КА «Луна-9», СССР). Телепередача лунного ландшафта.
1966	Начало баллонной астрономии с высот 20 км (В. А. Крат, СССР).
1967	Открытие первых пульсаров (Дж. Белл, Э. Хьюиш и др., Кембридж, Англия) — подтверждение предсказания В. Бааде и Ф. Цвикки (1933) о связи нейтронных звезд со вспышками сверхновых.
1967	Вышла в свет «Полная карта Луны» и создан глобус Луны (ГАИШ, СССР и Топогеодезическая служба СССР).
1968	Открытие межзвездных молекул аммиака NH_3 (А. Чеунг и др., США).
1968	Идентификация пульсаров с быстро вращающимися нейтронными звездами, имеющими сильное магнитное поле.
1969	Обнаружение радиолинии 1,35 см воды H_2O от нескольких галактических источников (А. Чеунг и др.).
1969	Оптическая идентификация пульсара в Крабовидной туманности.
1969, 21 июля	Высадка на поверхность Луны американских астронавтов (Н. Армстронг, Э. Олдрин; в корабле «Аполлон-11» на орбите оставался М. Коллинз).
1969, сент.	Обнаружение линий поглощения формальдегида H_2CO в радиоизлучении Sgr A, Sgr B2 и W 51.
1970	Обнаружение в ультрафиолетовом диапазоне во время запуска ракет линии поглощения молекул водорода H_2.
1970, 24 сент.	КА «Луна-16» (СССР) с помощью возвращаемого аппарата доставил на Землю образцы лунных пород.
1970, 10 нояб.	Радиоуправляемый «Луноход-1» (СССР), посаженный на поверхность Луны КА «Луна-17», прошел 10,5 км и произвел панорамную съемку.
1970	А. Лабейри (Франция) предложил метод спекл-интерферометрии для измерения диаметров звезд и измерений расстояний между компонентами двойных звезд.
1970	Теоретическое предсказание рентгеновского излучения от пульсаров в двойных системах (В. Ф. Шварцман, СССР).
1970, 12 дек.	В Кении запущен ИСЗ «Ухуру», предназначенный для рентгеновской астрономии (США).
1971	Открытие первых рентгеновских пульсаров Her X-1 и Cen X-3.

1971, 16 нояб.	С борта КК «Маринер-9» передано множество снимков поверхности Марса (США).
1971, 2 дек.	Первая мягкая посадка на поверхность Марса («Марс-3», СССР).
1972	Обнаружение интенсивного рентгеновского источника Cyg X-1 (поток в 10^4 раз больше солнечного), первого кандидата в черные дыры.
1972	Открытие магнитного поля Марса (А. З. Долгинов, СССР).
1972, 22 июля	Посадка АМС «Венера-8» для изучения атмосферы планеты и ее поверхности (СССР).
1973, 16 янв.	«Луноход-2» (СССР), посаженный на поверхность Луны КА «Луна-21», прошел за 5 лунных суток 37 км; помимо изучения лунной поверхности исследовал яркость ночного неба на Луне в визуальном и УФ диапазонах.
1973, 14 мая	Запущена пилотируемая орбитальная станция «Скайлэб» (США) с комплексом солнечных телескопов для различных диапазонов излучения.
1973	Создание теории дисковой аккреции газа на компактные объекты (Р. А. Сюняев и Н. И. Шакура, СССР).
1973, 4 дек.	КА «Пионер-10» прошел вблизи Юпитера и передал на Землю изображения планеты, исследовал атмосферу и магнитосферу (США).
1974, 20 марта	КА «Маринер-10» с близкого расстояния передал изображения Меркурия, на которых видны многочисленные кратеры (США).
1974	В спектре спутника Юпитера Ио и вдоль его орбиты найдены Na, Ca, Mg и Fe, вероятно, связанные с извержениями вулканов на спутнике (Н. Б. Ибрагимов и А. А. Атаи, Шемахинская обсерватория, СССР).
1975, 22 и 25 окт.	Спускаемые аппараты КА «Венера-9» и «Венера-10» (СССР) передали первые изображения поверхности и во время спуска исследовали атмосферу планеты.
1975	При помощи ИСЗ обнаружены кратковременные вспышки рентгеновского (а вернее γ-) излучения объектов, получивших название барстеров (США).
1975, 17 и 19 июля	Стыковка КК «Союз-19» (СССР) и КК «Аполлон» (США). Командир «Союза» А. А. Леонов, бортинженер В. Н. Кубасов; командир «Аполлона» Т. Стаффорд, члены экипажа В. Брандт и Д. Слейтон.
1976, 20 июля и 3 сент.	Передача изображений Фобоса и Деймоса и поверхности Марса после мягкой посадки американских КА «Викинг-1» и «Викинг-2», безуспешные поиски следов жизни на планете.
1976	Ввод в строй 6-метрового рефлектора БТА на альтазимутальной монтировке (Спец. астрофиз. обс. АН СССР в Зеленчуке). Главный конструктор Б. К. Иоаннисиани.
1977, февр.	В составе САО вошел в строй радиотелескоп «РАТАН-600» (гл. конструктор О. Н. Шиврис); в сантиметровом диапазоне открыта радиогрануляция на Солнце и обнаружено радиоизлучение спутников Юпитера — Ио и Европы.
1977, 1 февр.	Открытие уникального астероида Хирона, орбита которого лежит между орбитами Сатурна и Урана (Ч. Ковал, США).
1977, 10 марта	Открытие колец Урана во время покрытия ими звезды SAO 158687 (США и одновременно Австралия, Индия и ЮАР).
1978, 26 янв.	Запуск обсерватории IUE (International Ultraviolet Explorer) с телескопом диаметром 45 см и четырьмя УФ-спектрографами в диапазоне 100–3000 Å (НАСА, ЕКА и Великобритания). Его работа, продолжавшаяся до 30 сентября 1996, обеспечила расцвет ультрафиолетовой спектроскопии.
1978, 7 июня	Заподозрена двойственность астероида Геркулина при покрытии им звезды.
1978, 22 июня	Открытие спутника Плутона — Харона (Дж. Кристи, США).
1978, 26 нояб.	Запуск рентгеновской обсерватории «Эйнштейн» (США) с фокусирующим телескопом высокого углового разрешения.

1979, 5 марта	Обнаружение колец у Юпитера («Вояджер-1», США).
1980, нояб.	Прохождение КА «Вояджер-1» близ Сатурна показало, что он обладает множеством колец; по данным «Вояджера-2» число колец достигает нескольких тысяч (США).
1981	АМС «Венера-13 и 14» передали цветные панорамные снимки участков поверхности Венеры, где были проведены мягкие посадки спускаемых аппаратов (СССР).
1983, 26 янв.	Запуск обсерватории IRAS для инфракрасных обзоров неба. 96 % его площади в диапазоне 12–100 мкм дали каталог 250 000 ИК-источников; при этом открыто 5 новых комет (США, Нидерланды, Великобритания).
1983, 23 марта	Запуск КА «Астрон» (СССР) для проведения астрофиз. исследований. На борту двухзеркальный УФ телескоп и комплекс рентгеновских спектрометров.
1983, 11 окт.	IRAS выявил объект, оказавшийся астероидом с перигейным расстоянием, в три раза меньшим среднего расстояния Меркурия от Солнца. Его орбита практически совпадает с орбитой метеоров потока Геминиды. Вероятно, это ядро кометы, породившей поток.
1984, 22 июля	С Земли по затмению звезды открыты 5 узких колец-арок у Нептуна.
1984	Впервые обнаружен протопланетный диск вокруг звезды (β Живописца).
1985, 11 и 15 июня	На поверхности Венеры произвели анализ грунта посадочные аппараты «Вега-1 и 2» (СССР). С них в атмосферу Венеры выпущены аэростатные зонды (Франция).
1986, 24 янв.	КА «Вояджер-2» (США) получил изображение Урана, его спутников и колец; открыто 10 новых спутников и еще одно кольцо; исследовалась магнитосфера Урана.
1986, 8–14 марта	Исследование кометы Галлея при пролете сквозь голову кометы КА («Вега-1» и «Вега-2», СССР; «Джотто», ЕКА).
1987, 23 февр.	Вспышка сверхновой звезды в Большом Магеллановом Облаке.
1987, 31 марта	Астрофизический модуль «Квант» массой 11 т выведен на околоземную орбиту и состыкован с орбитальным комплексом «Мир» для выполнения астрофизических исследований (СССР).
1989, 5 мая	Запущен КА «Магеллан» (США) к Венере, ставший ее спутником и получивший радиолокационную карту ее поверхности.
1989, 9 авг.	Европейским космическим агентством запущен КА «Hipparcos» («Спутник для высокоточных определений параллаксов звезд»). Он измерил положение и блеск более миллиона звезд, причем координаты более 100 тыс. звезд определены с точностью $\pm 0{,}001''$.
1990, 26 апр.	Запуск на околоземную орбиту оптического телескопа «Хаббл» (США) с диаметром зеркала 2,4 м.
1990	Запущена орбитальная рентгеновская обсерватория ROSAT (Германия, Великобритания, США). До завершения работы в 1998 г. получено 150 тыс. изображений неба.
1990, дек.	Работа обсерватории ASTRO на борту шаттлов «Колумбия» и «Индевор» (май 1995 г.) позволили получить широкоформатные изображения неба в коротковолновом УФ-диапазоне (США).
1991, 7 апр.	Запуск обсерватории GRO (Gamma-ray observatory) «Комптон» (США), работавшей до июня 2000 г. и много сделавшей для изучения загадочных гамма-всплесков.
1992	Первая внесолнечная планета открыта у радиопульсара PSR 1257 + 12 по колебаниям частоты его излучения (А. Вольцшан и Д. Фрейл, США).
1992–2000	Обнаружено несколько сотен крупных (до 700 км в диаметре) астероидов за орбитой Нептуна и даже Плутона (в основном усилиями Дж. Луу и Д. Джуит, США). Гипотеза о поясе Койпера получила доказательство.

1994, 16–23 июля	Фрагменты кометы Шумейкеров—Леви-9, разорванной в 1992 г. притяжением Юпитера и открытой в 1993 в виде цепочки обломков, как и было предсказано, врезались в атмосферу Юпитера. Астрономы впервые наблюдали столкновение кометы с планетой.
1994	Впервые у астероида непосредственно обнаружен естественный спутник. АМС «Галилео», пролетая 28 августа 1993 г. мимо астероида 243 Ида, получил изображения, на которых позже был открыт его спутник Дактиль.
1995, октябрь	По колебаниям лучевой скорости звезды 51 Пегаса впервые у нормальной звезды открыта планета типа Юпитера (М. Майор и Д. Квелотц, Швейцария).
1995, 2 дек.	В точку Лагранжа L_1 системы Солнце—Земля запущен спутник SOHO (Solar and Heliospheric Observatory, ЕКА и НАСА) для непрерывного и детального изучения Солнца и околосолнечного пространства. В частности, его внезатменный коронограф помог (в том числе и любителям астрономии) открыть сотни слабых комет, видимых лишь вблизи Солнца.
1996	Впервые с помощью Космического телескопа им. Хаббла получено прямое изображение диска звезды — Бетельгейзе (А. Дупри и Р. Гиллиленд, США).
1996, 8 мая	Вступил в строй второй 10-метровый телескоп Кек-2 на о. Гавайи (США).
1996, 7 авг.	У. Хантрес и Д. Маккей (США) сообщили об открытии в антарктическом метеорите ALH 84001 окаменевших остатков марсианских микроорганизмов.
1997, март-апр.	Наблюдение одной из ярчайших комет XX века — кометы Хейла—Боппа.
1997, 4 июля	АМС «Марс Пасфайндер» (США) доставила на поверхность Марса научную станцию им. Карла Сагана и первый автоматический самоходный аппарат «Соджернер» для исследования химического состава грунта.
1999	Запущена орбитальная рентгеновская обсерватория «Чандра» (США).
2000, 14 фев.	Зонд NEAR–Шумейкер впервые стал искусственным спутником астероида (433 Эрос) и в течение года провел его детальное исследование с орбиты, закончив работу 12 февраля 2001 г. посадкой на Эрос.

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ, ЛУНЕ, СОЛНЦЕ, СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ И ВСЕЛЕННОЙ

§ 1.1. Земля

1.1.1. Строение и движение Земли

С детства знакомы каждому смена дня и ночи, восход и заход Солнца. Объяснение этих явлений связано с вопросом о форме и вращении нашей Земли. На смену представлениям о плоской неподвижной Земле и «небесной тверди» пришло признание шарообразности и вращения Земли. Доказательства шарообразности Земли черпались из наблюдений всегда округлой формы края земной тени на диске Луны во время лунных затмений, из наблюдений постепенного появления и исчезновения морских судов при их приближении и удалении от берега, из изменения высоты Полярной звезды при перемене широты места наблюдения, из факта удаления горизонта по мере подъема вверх. Идея шарообразности Земли возникла еще у древних греков и индийцев (Пифагор, VI в. до н. э.; Парменид, VI–V вв. до н. э.; Аристотель, IV в. до н. э.; Эратосфен, III в. до н. э., Ариабхата и Варахамихара, V в. н. э.), но потом оставалась в забвении более тысячи лет, до времен Колумба и кругосветных путешествий XVI в.

Размеры земного шара впервые были оценены около 240 г. до н. э. Эратосфеном (276–194 гг. до н. э.) в Александрии. Он нашел, что в день летнего солнцестояния в Сиене (ныне Асуан) Солнце в полдень проходит через зенит и заглядывает в глубокие колодцы, а в Александрии — на угловом расстоянии 1/50 окружности (7,2°) от него. Расстояние между этими городами, расположенными почти на одном меридиане, составляло 5000 греческих стадий. Следовательно, полная окружность равна 250 000 стадий, а радиус земного шара $R = 40\,000$ стадий. Принимая наиболее вероятную длину стадий равной 175 м, получаем $R = 7000$ км. Современные определения дают $R = 6378$ км (рис. 1).

Вращение земного шара естественным образом объясняет смену дня и ночи, восход и заход светил. Можно привести следующие доказательства вращения Земли вокруг своей оси: поворот с течением времени плоскости качаний маятника Фуко относительно окружающих предметов во всех местах земного шара, кроме экватора, сплюснутость Земли, обнаруживаемая из градусных измерений, отклонение падающих тел к востоку, размыв правых берегов рек, текущих в северном полушарии Земли, и левых — в южном полушарии (закон Бэра), северо-восточные пассаты в северном полушарии Земли и юго-восточные — в южном, круговые движения в циклонах (против часовой стрелки в северном и по часовой стрелке — в южном полушариях Земли; обратные этим движения в антициклонах), изменение силы тяжести с широтой (лишь частично объясняемое сплюснутостью Земли) и т. д.

При точных астрономических наблюдениях можно обнаружить такие связанные с вращением Земли явления, как суточная аберрация звезд, суточный параллакс Луны; из измерений положений спектральных линий — суточные колебания лучевых скоростей звезд и т. д.

Рис. 1. Фотография Земли с КА «Зонд-5», полученная с расстояния около 90 тыс. км в 12 ч 8 мин московского времени 21 сентября 1968 г. В верхней части справа видна северная часть Африки, Средиземное и Красное моря, Аравийский полуостров

Некоторые греческие ученые догадывались и о годичном движении Земли вокруг Солнца. Аристарх Самосский еще в III в. до н. э. считал, что Земля обращается вокруг Солнца. Однако эта идея оставалась в забвении полторы тысячи лет. Следующие явления можно назвать доказательствами обращения Земли вокруг Солнца: годичный параллакс звезд, годичную аберрацию звезд, колебания положений линий в спектрах звезд с периодом в один год, периодичность изменения периодов затменных звезд и изменения в моментах наступления затмений спутников Юпитера.

Годичное движение Земли перемещает наблюдателя и этим вызывает видимое смещение более близких звезд относительно более далеких. В течение года звезды описывают на небе *параллактические эллипсы* (рис. 2). Большие оси эллипсов всегда параллельны плоскости земной орбиты, т. е. плоскости эклиптики, а величины осей зависят от расстояний звезд (чем меньше расстояние, тем ось больше); величины

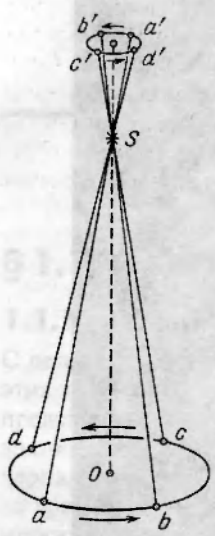


Рис. 2. Влияние параллакса на положение звезды близ полюса эклиптики

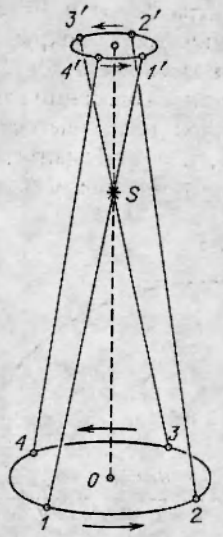


Рис. 3. Влияние аберрации на положение звезды близ полюса эклиптики

малых осей зависят, кроме того, и от углового расстояния звезды от плоскости земной орбиты, т. е. от астрономических широт звезд. Годичные параллаксы звезд меньше 1″. Самая близкая к нам звезда имеет параллакс 0,76″.

Годичное движение Земли вызывает, кроме того, аберрационное смещение звезд; все звезды описывают за год *аберрационные эллипсы*, большие оси которых всегда равны 41″ и параллельны эклиптике, а величины малых осей зависят от астрономической широты звезды (рис. 3). Это аберрационное смещение является результатом векторного сложения скорости движения Земли по ее орбите (в среднем 29,8 км/с) со скоростью движения света (~300 000 км/с), идущего от звезды. В каждый данный момент звезда смещается в направлении движения Земли к так называемому апексу орбитального движения Земли на угол $\theta_0 - \theta = (V_\oplus/c)\sin\theta_0$. Этот апекс всегда лежит в плоскости земной орбиты приблизительно под прямым углом к Солнцу на запад от него. Величина $206\,265''(V_\oplus/c)$ называется постоянной аберрации и равна 20,4955″ при средней скорости движения Земли 29,789 км/с. Более строгое рассмотрение вопроса требует учета суточной аберрации, связанной с вращением Земли.

Годичное движение Земли вызывает также периодическое смещение линий в спектрах звезд. Наибольшее смещение линий к красному концу спектра, которое согласно принципу Доплера означает наибольшую скорость удаления от звезды, бывает в тот момент, когда геоцентрическая долгота звезды на 90° больше долготы Солнца; наибольшее смещение к фиолетовому концу — при долготе звезды на 90° меньшей долготы Солнца.

Пренебрегая влиянием притяжения Луны на Землю, можно сказать, что Земля движется вокруг Солнца по эллипсу (рис. 4) с эксцентриситетом 0,016724[1]. Солнце находится в одном из фокусов эллипса земной орбиты[2]. Расстояние Земли от Солнца изменяется в течение года на 2,5 млн км в обе стороны от среднего значения (на ±1,6 %).

Скорость орбитального движения Земли в момент t_i определяется по формуле

$$V_i = V_0\sqrt{1 + 2e\cos v_i + e^2},$$

где V_0 — средняя орбитальная скорость, v_i — истинная аномалия.

[1] Эксцентриситет земной орбиты уменьшается на величину 0,000042 в столетие. Через 24 тыс. лет он станет равным 0,003, а затем в течение 46 тыс. лет будет увеличиваться до значения 0,0658.

[2] Фокус земной орбиты (если пренебречь существованием всех остальных планет) находится на расстоянии 417 км от центра Солнца по направлению к Земле. На рис. 44 показано положение Солнца относительно центра масс Солнечной системы.

Строго говоря, вокруг Солнца движется центр масс системы Земля—Луна, так называемый *барицентр*; вокруг этого центра Земля и Луна описывают в течение месяца свои орбиты (см. рис. 13). Движение Земли вокруг барицентра с периодом в один месяц вызывает периодические колебания в долготах и широтах Солнца и планет. Точное определение амплитуды этих колебаний дает возможность определить расстояние центра Земли от барицентра (находящегося на расстоянии 4672 км от центра Земли по направлению к Луне, т. е. приблизительно на глубине 1700 км под поверхностью Земли) и отсюда найти отношение массы Луны к массе Земли.

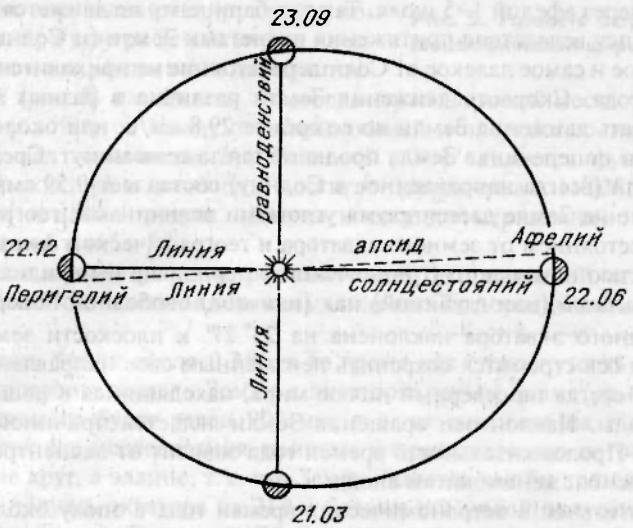


Рис. 4. Земля обращается вокруг Солнца по эллипсу

Среднее расстояние Земли от Солнца равно $149\,600 \cdot 10^6$ м (1 *астрономическая единица* — а. е.). Эта фундаментальная в астрономии величина выводилась раньше из определений *солнечного параллакса*. *Горизонтальным параллаксом* Солнца называется угол, под которым на расстоянии Земли от центра Солнца был бы виден экваториальный радиус Земли. Одним из ранних методов измерения солнечного параллакса были наблюдения из разных пунктов Земли явления прохождения Венеры или Меркурия по диску Солнца. Много раз он определялся из измерений параллаксов малых планет с хорошо изученным движением вокруг Солнца. Радиолокационные наблюдения Венеры и Марса позволили уточнить расстояние до Солнца и, следовательно, солнечный параллакс. Параллакс Солнца равен 8,794″. Аналогичный угол для Луны (горизонтальный или, иначе, *суточный параллакс*) составляет в среднем 57′. Для планет он меньше 1′. Для ближайшей звезды соответствующий угол составляет всего 0,00003″.

Полный оборот вокруг Солнца Земля совершает в течение 365,25636 суток ($365^d6^h9^m10^s$). Это так называемый *звездный*, или *сидерический год*. Средний промежуток времени от одного весеннего равноденствия до следующего, называемый *тропическим годом*, равен 365,2422 средних суток ($365^d5^h48^m45^s$). Вследствие возмущающего влияния притяжения других планет, главным образом Юпитера и Сатурна, величина тропического года подвержена колебаниям в несколько минут. Кроме того, средняя продолжительность тропического года уменьшается на $0{,}53^s$ в сто лет.

Самая близкая к Солнцу точка орбиты любой планеты называется *перигелием* (для Земли расстояние перигелия от Солнца 147 117 000 км), самая далекая — *афелием* (для Земли — 152 083 000 км). Их соединяет *линия апсид*, совпадающая с большой осью эллипса планетной орбиты. Положение линии апсид определяется гелиоцентрической долготой перигелия. В 2001 г. долгота перигелия земной орбиты была близка к 103°. Вследствие медленного вращения линии апсид в ту же сторону, куда движется сама Земля, долгота перигелия возрастает на 61,9″ в год. Полный тропический оборот линия апсид делает в 20 934 года. Сидерический ее период — 111 270 тропических годов. В настоящую эпоху Земля проходит через перигелий 2–5 января, а через афелий 1–5 июля. Так как барицентр не движется вокруг Солнца строго по эллипсу вследствие притяжения планетами Земли (и Солнца; см. рис. 44), то самое близкое и самое далекое от Солнца расстояние не приходится всегда на одни и те же дни года. Скорость движения Земли различна в разных частях орбиты. Средняя скорость движения Земли по ее орбите 29,8 км/с, или около 100 000 км/ч; на длину своего поперечника Земля продвигается за семь минут. Среднее ускорение движения Земли (всегда направленное к Солнцу) составляет 0,59 см/с^2.

Положение на Земле дается двумя угловыми величинами: географической *широтой* φ — расстоянием от земного экватора и географической *долготой* λ — углом между плоскостью начального (гринвичского) меридиана и меридиана данного места, а также *высотой* (или глубиной) над (или под) свободной поверхностью моря. Плоскость земного экватора наклонена на 23° 27′ к плоскости земной орбиты [3], причем земная ось стремится сохранить неизменным свое направление в пространстве, указывая всегда на северный полюс мира, находящийся в наше время вблизи Полярной звезды. Наклон оси вращения Земли является причиной смены *времен года* на Земле. Продолжительность времен года зависит от эксцентриситета земной орбиты и от расположения линии апсид.

Продолжительность астрономических времен года в эпоху около 2000 г. в северном полушарии Земли следующая:

весна — от весеннего равноденствия до летнего солнцестояния — $92{,}795^d = 92^d20{,}2^h$,
лето — от летнего солнцестояния до осеннего равноденствия — $93{,}629^d = 93^d14{,}4^h$,
осень — от осеннего равноденствия до зимнего солнцестояния — $89{,}806^d = 89^d18{,}7^h$,
зима — от зимнего солнцестояния до весеннего равноденствия — $89{,}012^d = 89^d00{,}5^h$.

Таким образом, весна и лето в нашем полушарии продолжаются около $186{,}4^d = 186^d10{,}6^h$, а осень и зима — $178{,}8^d = 178^d19{,}2^h$. За начало астрономических времен года принимают моменты прохождения центра Солнца через соответственные точки равноденствий и солнцестояний. Из-за несоизмеримости года и суток моменты равноденствий и солнцестояний приходятся в разные годы на разные (но близкие) даты.

Из градусных измерений было получено, что длина одного градуса широты у экватора равна 110,6 км, а у полюсов — 111,7 км. Это приводит к заключению о том, что истинная форма Земли близка к *сфероиду* [4]. Экваториальный радиус этого сфероида $a = 6378{,}160$ км, а полярный $b = 6356{,}774$ км; разность их $a - b = 21{,}383$ км.

---

[3] Наклон этот медленно уменьшается. Через 15 тыс. лет он станет 22,5°, после чего будет увеличиваться до 24,5°. Это одно из вековых возмущений орбиты Земли. Период изменений ε — угла наклона экватора к эклиптике — около 41 тыс. лет.

[4] Сфероид (с точностью до членов порядка сплюснутости) совпадает с двухосным эллипсоидом — пространственной фигурой, получающейся при вращении эллипса вокруг его малой оси или (точнее) — это сфера, деформация которой описывается сферическими функциями 2-го порядка.

Сплюснутость земного сфероида характеризуется отношением разности экваториального a и полярного b радиусов к экваториальному. Это отношение очень мало:

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298{,}25} = 1 - \sqrt{1-e^2},$$

где e — эксцентриситет эллипса.

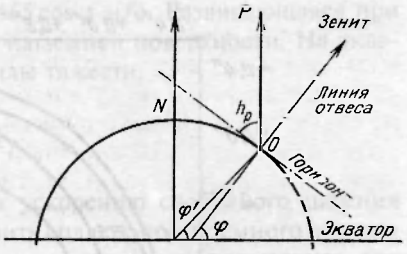


Рис. 5. Разность астрономической и геоцентрической широт

Сплюснутость Земли создает некоторое осложнение при определении широт на ее поверхности. Угол при центре Земли между плоскостью экватора и направлением в данную точку поверхности (рис. 5) называется *геоцентрической широтой* места φ'. *Астрономическая широта* φ есть угол между отвесной линией и плоскостью экватора и равна высоте полюса над горизонтом h_P. Разность $\varphi - \varphi'$ является функцией φ; она равна нулю для экватора и полюсов и достигает максимума в 11′33″ при $\varphi = \pm 45°$. Разность $\varphi - \varphi'$ и длина градуса, минуты и секунды меридиана и параллели для разных широт даны в табл. 14.

Геодезическая широта равна астрономической, исправленной за уклонение отвеса, которое связано с залеганием тяжелых или легких пород в земной коре в месте измерений.

Сплюснутость Земли около 0,3 %, в то время как сплюснутость Юпитера около 6 %. Если построить модель Земли с экваториальным диаметром, равным 1 м, то полярный диаметр будет равен 997 мм, т. е. их различие на глаз неощутимо. Последующие точные исследования привели к представлению о том, что земной экватор также не круг, а эллипс, т. е. что Земля является как бы трехосным эллипсоидом. Большая полуось экватора на 213 м больше его малой полуоси и направлена к долготе 7° к западу от Гринвича. Обнаружены и другие неправильности формы Земли. Точнейшие геодезические измерения, наблюдения ИСЗ и данные *гравиметрии*[5] приводят к более точному представлению о фигуре Земли, к понятию о так называемом *геоиде* (по-гречески земноподобный). Геоид не является правильной геометрической фигурой; за геоид принимается некоторая поверхность, в каждой точке перпендикулярная к линии отвеса (уровенная поверхность). Она приблизительно совпадает с невозмущенной приливами поверхностью океанов, мысленно продолжаемой на части Земли, занятые материками (например, по воображаемым каналам, прорытым сквозь все материки от одного океана до другого).

От поверхности геоида отсчитывают высоты различных точек на Земле, когда указывают «высоту над уровнем моря» и «глубину моря». Изучение движения искусственных спутников Земли позволило определить, что южный полюс геоида на 30 м ближе к центру, чем северный.

Вследствие неоднородности внутреннего строения земной шар не занимает неизменного положения относительно своей оси вращения. Поэтому полюсы Земли

---

[5] Гравиметрия — наука о гравитационном поле Земли. Гравиметристы измеряют ускорение свободного падения на земной поверхности (например, определяя период P полного качания маятника длиной l, откуда $g = 4\pi^2 l/P^2$) и изучают на основе этих измерений фигуру Земли с погрешностью до ±1 м, а также гравиметрические аномалии, свидетельствующие об особенностях строения тела Земли, о залегании полезных ископаемых. Космическая эра позволила применить гравиметрию к изучению других тел Солнечной системы, в первую очередь Луны, Марса и Венеры (см. об этом в книге Н. П. Грушинского «Основы гравиметрии»). Ускорение свободного падения на поверхности сферического небесного тела $g = G\mathfrak{M}/R^2$, где G — постоянная тяготения (с. 265), $\mathfrak{M}$ и R — масса и радиус.

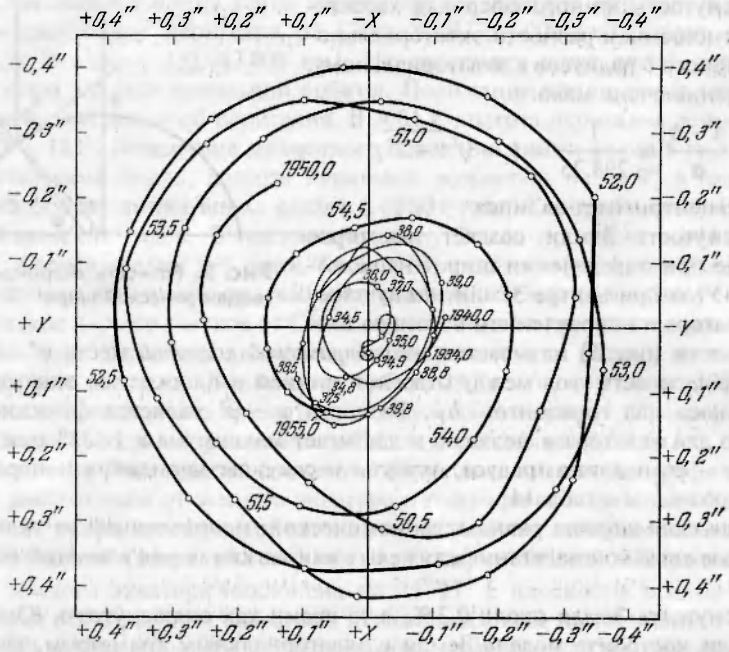


Рис. 6. Движение северного полюса Земли с 1934 по 1940 (минимальные колебания полюса) и с 1950 по 1955 гг. (максимальные колебания). Сводка К. А. Куликова

описывают на ее поверхности сложные линии (рис. 6), впрочем в течение десятилетий не выходившие за пределы квадрата со стороной 0,8″, что соответствует примерно 25 м, а широты всех мест на Земле испытывают колебания, причем на одном и том же географическом меридиане, но по разные стороны от полюса колебания будут противоположны по знаку. Полюс принимает участие в двух основных движениях: одно совершается по кругу со средним радиусом 4,5 м в течение $427^d \approx 14$ мес. (оно связано с периодом так называемых собственных колебаний земного шара — периодом Чандлера), другое совершается по вытянутому эллипсу со средней большой полуосью 7 м и периодом в один год (оно связано с сезонными явлениями на Земле). Восьмидесятилетние наблюдения Международной Службы Широты позволили заметить периодические (период около 42 лет) изменения амплитуды колебания полюса. Начиная с 1950 г., неожиданно кривая, описываемая северным полюсом Земли, превысила указанные пределы. И в этом случае площадь полученного квадрата в 12 раз меньше площади футбольного поля. Причины нарушения установившегося равновесия еще не ясны [6)].

Земная ось принимает участие еще в двух движениях — прецессионном и нутационном. Вследствие вращения Земли каждая точка экватора движется со скоростью

[6)] Международные широтные станции располагались на северной широте 39°8′ в следующих местах: Мицузава (Япония) 141°8′ вост. долг., Китаб (СССР) 66°53′ вост. долг., Карлофорте (Италия) 8°19′ вост. долг., Гейтерсбург (США) 77°12′ зап. долг., Цинциннати (США) 84°25′ зап. долг., Юкайя (США) 123°13′ зап. долг. Кроме того, в изучении движений полюсов принимал участие ряд крупных обсерваторий мира, в том числе Пулковская, ГАИШ и другие, а также ряд широтных станций южного полушария (см. «Изменяемость широт и долгот» К. А. Куликова). В настоящее время 30 станций на разных широтах охвачены МСШ (Международной Службой Широты).

465 м/с. На широте φ линейная скорость равна $465\cos\varphi$ м/с. Развивающаяся при этом центробежная сила уменьшает силу тяжести на земной поверхности. На экваторе центробежная сила составляет 1/289 часть силы тяжести.

Теорема А. Клеро

$$\alpha = \frac{5}{2}q - \frac{g_{90} - g_0}{g_0},$$

где q — отношение центробежного ускорения к ускорению свободного падения на экваторе (т. е. 1/289), дает возможность определить сплюснутость земного шара α.

Сплюснутость Земли и ее вращение приводят к тому, что нормальное для данной широты φ ускорение свободного падения g_φ имеет следующее приближенное выражение:

$$g_\varphi = g_0 + (g_{90} - g_0)\sin^2\varphi,$$

где $g_0 = 978{,}0$ см/с^2; $g_{90} - g_0 = 5{,}2$ см/с^2. Лишь одна треть этой разности объясняется сплюснутостью Земли. Более строгая формула дает

$$g_\varphi = 978{,}049(1 + 0{,}0052884\sin^2\varphi - 0{,}0000059\sin^2 2\varphi).$$

Единицей ускорения свободного падения в системе СИ является м/с^2, но специалисты чаще используют Гал (в честь Галилея). 1 Гал = 1 см/с^2. Предел точности современных гравиметров $\pm 0{,}3$ микроГала. Таким образом, ускорение свободного падения может быть определено с погрешностью приблизительно до одной трети миллиардной доли своей величины! Оно уменьшается на 0,3087 мГал на 1 м высоты.

Со времени классических опытов Н. Маскелайна по определению отклонения линии отвеса вблизи горы (1774 г.) и Г. Кавендиша с крутильными весами (1798 г.) неоднократно и разными лабораторными методами производилось определение массы Земли, которое дает основу для определения масс всех других астрономических объектов. Она равна $5{,}98 \cdot 10^{27}$ г, причем масса атмосферы ($5{,}16 \cdot 10^{21}$ г), а суммарная масса гидросферы и биосферы составляет меньше 0,03 %. Масса земной коры лишь 0,7 % массы Земли.

Наши представления о внутреннем строении и физическом состоянии недр Земли основаны на разнообразных данных, среди которых существенное значение имеют данные сейсмологии, изучающей распространение в земном шаре упругих волн, возникающих при землетрясениях или при мощных взрывах. Эти данные указывают на слоистое строение земных недр.

Земной шар (рис. 7) имеет раскаленное ядро, однако тепло, которое каждый сантиметр поверхности Земли получает от ее недр, в 25 000 раз меньше тепла, получаемого от Солнца. Земной шар покрыт каменной оболочкой — это земная *кора* вместе с верхним слоем *мантии*, или *литосфера* (см. табл. I). При углублении на каждые 33 м внутрь земной коры температура повышается в среднем на один градус. Этот *геотермический градиент* зависит от места на Земле; он оказывается равным 20 м на о. Калимантан (Борнео), 30–35 м в средней Европе, 40–45 м в Северной Америке. Можно предполагать, что это повышение температуры происходит лишь в сравнительно тонком слое земной коры (не глубже 100 км), в котором находятся радиоактивные вещества. Распад атомов радиоактивных элементов и превращение их в атомы других элементов сопровождаются выделением тепла. Ядро же Земли имеет температуру 3000–5000 К. При такой температуре и давлении вышележащих слоев до 4 млн атмосфер в центре упругость внутренних частей ядра в 2,5 раза больше упругости стали. При этих условиях вещество в ядре Земли находится в особом «металлическом» состоянии. Плотность в центре Земли около 13 г/см^3.

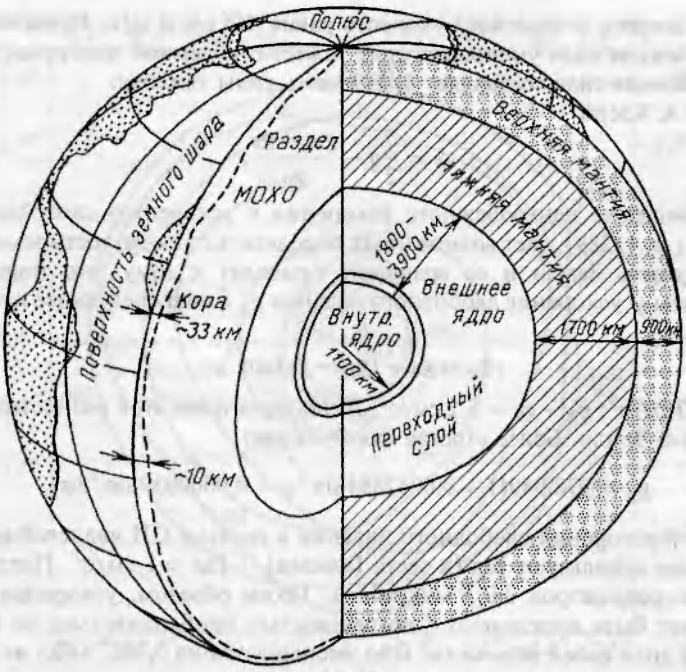


Рис. 7. Внутреннее строение Земли

Таблица I

Строение Земли

Геосфера	Слой	Глубина в км	Характеристика
Кора	A	от 0 до 10–70	кора, твердая, неоднородная
Мантия	B	до 410	верхняя мантия, твердая
	C	410–1000	переходныи слои, твердыи
	D′	1000–2700	нижняя мантия, твердая
	D″	2700–2900	переходный слой, жидкий
Ядро	E	2900–5060	верхний слой ядра, нетвердый
	F	5060–5270	переходный слой (жидкий?)
	G	5270–6370	внутренняя часть твердого ядра

Средняя плотность Земли (5,517 г/см^3) приблизительно вдвое больше плотности поверхностных ее слоев (2,6–3 г/см^3).

Толщина земной коры, в которую входят осадочные породы (верхний слой), гранит (средний), базальт (нижний слой), вплоть до основания базальтов в разных районах земного шара, составляет от 30 до 70 км (средняя плотность 2,7–2,8 г/см^3). Толщина земной коры в океанах меньше, около 10 км, кора состоит из небольшого слоя осадочных пород, 2–3 км промежуточного слоя и 5 км базальтов. Гранитный и базальтовый слои разделены *поверхностью Конрада*. Нижняя граница земной коры называется разделом Мохоровичича (МОХО). Таким образом, в океанах она залегает

на глубине всего 8–10 км! На этой границе происходит резкое изменение скорости распространения продольных сейсмических волн: от 6,7–7,1 км/с до 8,1–8,3 км/с.

Таким образом, под корой, до глубины около 2900 км находится мантия, или оболочка. На этой глубине скорость сейсмических волн резко уменьшается от 13 до 8 км/с. На глубине 5000 км происходит новое резкое изменение плотности (от 11 до 13 г/см^3). Оно отделяет внешнюю часть ядра от внутреннего ядра. Возможно, что и на некоторых других границах слоев имеют место скачки скорости сейсмических волн. Существование жидкой тонкой прослойки между внутренней мантией и верхним слоем ядра подтвердилось наблюдениями за суточными колебаниями положений полюсов. В некоторых местах Земли недалеко от поверхности располагаются «геотермальные резервуары» с температурой от 50 до 400 °С. Геотермальная энергия (в форме сухого пара или перегретой воды с температурой от 170 до 370 °С) используется (например, в Исландии) для отопления зданий и теплиц. В будущем использование энергии земных недр может стать частичной заменой других экологически менее чистых источников энергии.

Химический состав всей Земли в целом и средний состав атмосферы, гидросферы и литосферы даны в табл. II.

Согласно последним данным, при получении которых для оценки возраста самых древних пород земной коры использовался самопроизвольный распад изотопов аргона и стронция с выделением изотопов калия и рубидия, этот возраст не менее 4,5 млрд лет. Урановo-свинцовый метод (образование изотопа свинца ^{206}Pb) давал оценку возраста Земли как планеты $(4{,}56 \pm 0{,}03) \cdot 10^9$ лет.

Около 71 % поверхности Земли покрыто водой — это *гидросфера*. Средняя ее толщина примерно 4 км. Около 11 % суши составляют ледники, около 3 % — зона вечной мерзлоты. В Мировом океане находятся 97 % водных ресурсов Земли; пресной воды < 1 % всех водных ресурсов Земли.

Магнитное поле Земли в первом приближении представляется диполем, ось которого наклонена на угол 11,5° к оси вращения Земли. Она проходит на расстоянии

Таблица II

Химический состав Земли

Земля в целом			Атмосфера, гидросфера и литосфера		
Элемент		% по массе	Элемент		% по массе
Железо	Fe	39,76	Кислород	O	49,42
Кислород	O	27,71	Кремний	Si	25,75
Кремний	Si	14,53	Алюминий	Al	7,51
Магний	Mg	9,69	Железо	Fe	4,70
Никель	Ni	3,46	Кальций	Ca	3,39
Кальций	Ca	2,32	Натрий	Na	2,64
Алюминий	Al	1,79	Калий	K	2,40
Сера	S	0,64	Магний	Mg	1,94
Натрий	Na	0,38	Водород	H	0,88
Хром	Cr	0,20	Титан	Ti	0,58
Калий	K	0,14	Хлор	Cl	0,188
Фосфор	P	0,11	Фосфор	P	0,120
Марганец	Mn	0,07	Марганец	Mn	0,09
Углерод	C	0,04	Углерод	C	0,087
Титан	Ti	0,02	Сера	S	0,06
Остальные элементы		0,14	Остальные элементы		0,26

примерно 490 км от центра Земли (данные 1980 г.) в направлении Тихого океана (21° N, 147° E); ось этого диполя проходит в Северном полушарии через поверхность Земли в точке геомагнитного полюса с координатами 78,5° N, 70° W. С ним не совпадает истинный магнитный полюс, имеющий на севере координаты 75° N, 100° W (Северная Канада), а на юге: 68° S, 145° E (французская полярная станция Дюмон-Дюрвиль). Напряженность магнитного поля на поверхности Земли зависит от места наблюдения и от времени. При отсутствии возмущений (от Солнца) на северном магнитном полюсе она редко превышает 0,6 эрстеда, на южном 0,7, а на магнитном экваторе 0,4 эрстеда.

Магнитные полюса непрерывно движутся по земной поверхности. Причиной их перемещения являются глубинные процессы в ядре Земли. Раз в десятилетие приходится составлять новые магнитные карты, опираясь на переопределения местонахождения магнитных полюсов (см. http://nssdc.gsfc.nasa.gov/space/igm/).

В некоторых районах Земли обнаружено резкое возрастание напряженности магнитного поля — она достигает 2 Э. Это районы магнитных аномалий, которые связаны с залеганием рудных ископаемых (такова, например, знаменитая Курская аномалия). Подробный рассказ о магнитных явлениях см. в книге: *Белов К. П., Бочкарев Н. Г.* Магнетизм на Земле и в космосе. — М.: Наука, 1983.

1.1.2. Земная атмосфера

Воздушный океан, окружающий Землю, — арена, на которой разыгрываются метеорологические явления, а также интересующие астрономов вспышки болидов и метеоров. Воздух рассеивает солнечные лучи, причем это рассеяние возрастает с уменьшением длины волны. Для видимого спектра большее рассеяние сине-голубых лучей обусловливает голубой цвет неба и не дает возможности наблюдать звезды днем [7]. В силу этого же Солнце и Луна близ горизонта (перед закатом и после восхода) бывают красного или оранжевого цвета. Излучение с длиной волны короче 290 нм полностью поглощается слоем озона (O_3), находящимся на высотах от 18 до 50 км (максимум плотности на высоте около 25 км). Общая толщина слоя озона, приведенного к нормальным условиям (т. е. к давлению 760 мм ртутного столба и температуре 0 °C), составляет всего около 3 мм (меняется в течение года от 2,35 до 3,60 мм). Он предохраняет живую природу от губительного действия далеких ультрафиолетовых и других коротковолновых излучений, интенсивность которых в спектре Солнца весьма велика.

В 1985 г. в слое озона над Антарктидой была обнаружена «дыра» площадью около 1 млн км^2, где концентрация озона резко снижена. Встревоженные ученые выясняют возможные причины этого явления, отмеченного и на других широтах, связывают его с воздействием веществ, созданных человеком, в частности, фреона, используемого в холодильном деле.

Открыто два пояса частиц, взвешенных в атмосфере и состоящих из метеорных пылинок и пылинок вулканического происхождения, которые служат центрами конденсации водяного пара. Один из них находится на высоте около 80 км, где отмечен минимум температуры (около −140 °C) и где образуются *серебристые облака*. Другой — выше 115 км, в области, где начинают светиться метеорные тела, влетающие в атмосферу Земли.

Атмосфера не только рассеивает и поглощает инфракрасное и коротковолновое излучение небесных светил, но и не пропускает к нам значительную часть кос-

[7] Рассеяние света молекулами воздуха и мелкими пылинками (меньше 10^{-5} см) пропорционально λ^{-4} (закон Рэлея).

мического радиоизлучения. Радиоволны длиной волны больше 20 м отражаются ионосферой (см. ниже), а короче 3 см — поглощаются водяным паром. Кроме того, атмосфера значительно ослабляет, а также преобразует поток частиц высокой энергии (от 10^9 до 10^{18} эВ), идущих к нам из космоса (так называемые первичные космические лучи). Таким образом, земная атмосфера — это своеобразный экран, защищающий поверхность Земли и все живое на ней от непосредственного воздействия космоса[8].

Поглощая и рассеивая свет небесных тел, атмосфера уменьшает их блеск, причем поглощение возрастает при увеличении толщи воздуха, проходимой лучами[9]. Толща увеличивается при возрастании зенитного расстояния z (в первом приближении пропорционально $\sec z$). Поэтому при сравнении блеска небесных светил, находящихся на разных зенитных расстояниях, надо учитывать различие в поглощении света (табл. 68). Поглощение в совершенно чистой атмосфере, т. е. свободной от взвешенных в ней аэрозолей и молекул воды, составляет в зените около $0{,}22^m$ в визуальных лучах и около $0{,}44^m$ — в фотографических. Распределение энергии в спектре Солнца при изменении его z показано на рис. 8.

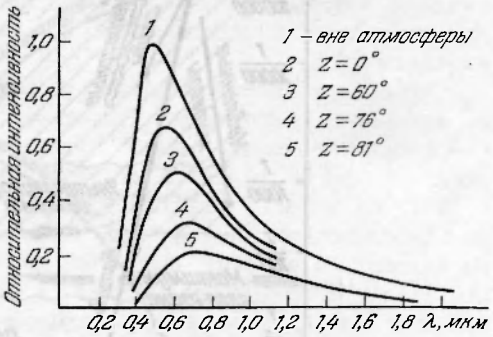


Рис. 8. Распределение энергии в спектре Солнца в зависимости от его зенитного расстояния

Атмосфера вызывает также преломление лучей — *рефракцию*, которая влияет на положение светила на небе и заметным образом искажает форму Солнца и Луны у горизонта. Об учете рефракции см. п. 3.1.3 и табл. 69.

Свойства земной атмосферы до высоты в 40–50 км изучены с помощью метеорологических приборов, поднимаемых шарами-зондами; разнообразные метеоприборы и спектральные аппараты поднимались до высот в 500 км специальными метеорологическими и геофизическими ракетами; наконец, исключительно богатая информация о состоянии верхних слоев атмосферы получается с искусственных спутников Земли. Кроме того, высокие слои атмосферы исследуются разными косвенными методами (наблюдения метеоров, метеорных следов, серебристых облаков, полярных сияний, изучение свечения ночного неба, сумеречных явлений, лунных затмений), а также при помощи радиолокации (изучение ионизованных областей, преломляющих и отражающих радиоволны).

Данные о земной атмосфере до высоты 130 км схематически представлены на рис. 9. Показаны изменения давления и температуры T (°C) с высотой H (км), высоты различных облачных образований, области полярных сияний и полета метеоров. По горизонтали рисунок охватывает дугу меридиана в 1°. В масштабе рисунка центр Земли отстоит от изображенной части поверхности на расстоянии 6,4 м.

---

[8] Земная атмосфера, сжатая до плотности стали, имела бы толщину 1,3 м. Неудивительна защитная мощь атмосферы!

[9] Ослабление световых потоков в земной атмосфере в результате комбинированного действия рассеяния и поглощения называется атмосферной *экстинкцией*. Она меньше зимой, чем летом, увеличивается в годы максимума солнечной активности. Коэффициент экстинкции $k_\lambda = -2{,}5 \lg p_\lambda$, где p_λ — коэффициент прозрачности. Оба коэффициента — функции длины волны (см. Постоянную Часть Астрономического Календаря (ПЧАК), 7-е изд., гл. III, § 5, 1981).

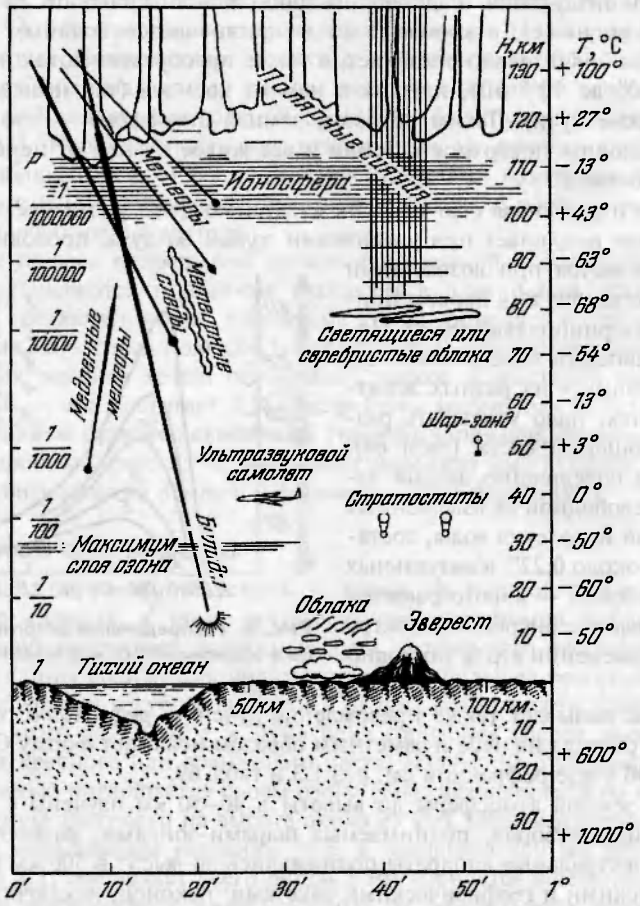


Рис. 9. Литосфера и атмосфера Земли

На рис. 10 показаны современные данные о плотности воздуха и температуре на больших высотах, полученные при помощи шаров-зондов и ракет. Для поверхности Земли ($H = 0$) средняя годовая температура $+15\,^{\circ}C$, плотность атмосферы (число молекул или атомов) $2{,}55 \cdot 10^{19}$ в 1 $см^3$, или $1{,}22 \cdot 10^{-3}$ $г/см^3$ (табл. 13), давление 1013,246 миллибар = 760,0 мм ртутного столба = $1{,}01325 \cdot 10^5$ $н/м^2$ = 1,0332 кг (*давление в одну атмосферу*). В атмосфере до высот 500–600 км регистрируется O_2, до 700 км — N_2, выше He и H. Во внешней части атмосферы (до нескольких $R_\oplus$) — H_2. На высотах от 70 до 500–600 км ультрафиолетовое излучение ионизует O, образуя *ионосферу*. Из самых внешних слоев атмосферы Земли непрерывно улетучивается в окружающее пространство несколько тысяч тонн водорода в сутки.

Таким образом, в основном земная атмосфера состоит из азота и кислорода. В табл. III дано процентное содержание химических элементов, составляющих атмосферу Земли. Вследствие перемешивания воздуха конвективными токами [10)]

[10)] То есть связанными с переносом тепла, иначе говоря, с вертикальными токами воздуха, происходящими от нагревания почвы.

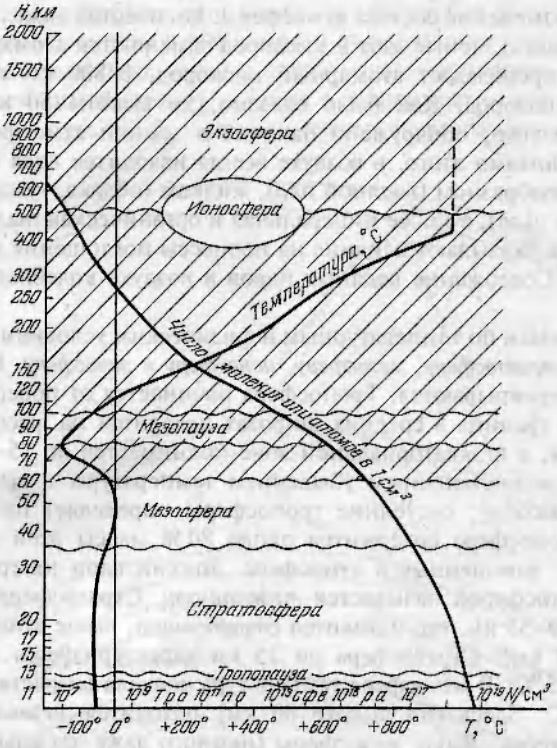


Рис. 10. Слои земной атмосферы, изменение ее плотности и температуры с высотой. Заштрихована область ионосферы

Таблица III

Состав сухого воздуха земной атмосферы на уровне моря

Элемент или молекула	Молекулярная масса	Процент содержания	
		по объему	по массе
Азот N_2	28,0134	78,084	75,523
Кислород O_2	31,9948	20,948	23,142
Аргон Ar	39,948	0,934	1,28
Углекислый газ CO_2	44,010	0,0320	0,045
Неон Ne	20,183	0,00182	0,0012
Гелий He	4,003	0,000534	0,000073
Метан CH_4	16,043	0,00023	0,000084
Криптон Kr	83,80	0,000114	0,003
Водород H_2	2,016	0,000064	0,000003
Закись азота N_2O	44,013	0,00005	0,000008
Ксенон Xe	131,30	0,000008	0,000039
Озон O_3	47,998	$\sim 10^{-6}$ переменное	
Двуокись азота NO_2	46,01	$\sim 10^{-6}$ переменное	

и ветрами, состав атмосферы почти не меняется до высоты 100–150 км. Выше обнаруживается изменение состава атмосферы: количество тяжелых инертных газов резко падает, а молекулярные азот и кислород заменяются атомарными. От высоты 280 км и выше преобладает атомарный кислород, с 800 км преобладает гелий, а с 1600 км — водород. Как было сказано, до высоты 50 км находятся слои озона O_3. Кроме того, обнаружено наличие в земной атмосфере молекул N_2O, N_2O_5 и ND [1]. Помимо этого, в воздухе всегда находится вода во всех трех своих состояниях — газообразном (водяной пар), жидком (облака, туман и дождь) и твердом (кристаллики льда), а также минеральная и органическая пыль (так называемые аэрозоли, которые оказывают влияние на процессы поглощения и рассеивания света в атмосфере). Содержание водяных паров в воздухе колеблется от 0,05 до 4 %, в среднем 0,3 %.

Атмосферу Земли по температурным и физическим условиям делят на пять слоев: *тропосферу*, *стратосферу*, *мезосферу*, *ионосферу и экзосферу*. Некоторые из этих слоев частично перекрываются. Тропосфера начинается от поверхности Земли или моря: верхняя ее граница в средних широтах находится на высоте 9–10 км зимой и 10–12 км летом, а в экваториальной зоне поднимается до 15–17 км. Тропосфера характеризуется постепенным убыванием температуры с высотой (около 6 °С на каждый км высоты); состояние тропосферы определяет погоду на поверхности Земли. В тропосфере содержится около 80 % массы всей атмосферы, почти вся вода и пыль, взвешенные в атмосфере. Тонкий слой на границе между тропосферой и стратосферой называется *тропопаузой*. Стратосфера распространяется от 12–15 км до 50–55 км, где находится *стратопауза*, выше которой располагается *мезосфера* (35–80 км). Стратосфера до 25 км характеризуется почти постоянной температурой −55 °С. В мезосфере температура сначала возрастает до 8 °С, а затем падает до −68 °С. Здесь (на высоте 80 км) находится *мезопауза* — слой наименьшей температуры. Выше мезосферы (немного даже захватывая и ее) — от 60 до 25 000 км — находится ионосфера. Она имеет огромное значение для радиосвязи на больших расстояниях, которая осуществляется на длинных (больше 600 м), средних и коротких (от 10 до нескольких десятков метров) радиоволнах, многократно отражающихся (точнее, преломляющихся) от ионизованных слоев ионосферы и от поверхности Земли (рис. 11). В годы максимумов солнечной активности она прослеживается до высоты 100 000 км. Как показывает само название, в ней, помимо нейтральных молекул, находятся ионизованные атомы и свободные электроны. Ионизацию производят коротковолновое излучение Солнца и потоки заряженных частиц (корпускул), летящих от Солнца («солнечный ветер»). Электрические свойства ионосферы, высота и степень ее ионизации зависят от времени суток, времени года и от фазы солнечной активности.

Представления о строении ионосферы значительно изменились после запуска искусственных спутников Земли. До этого предполагалось, что в ионосфере имеются четыре основных ионизованных слоя: слой D (на высоте 70–75 км), слой E ~ 100 км, слой F_1 (120–200 км) и слой F_2 (250–400 км). Теперь к ним прибавился слой G (выше 500 км). Подозревали, что эти слои имеют клочковатое строение и состоят из отдельных ионизованных облаков. В настоящее время приходится признать, что такого четкого деления на слои (стратификации) в ионосфере нет: от 60 км до, по крайней мере, 470 км имеется сплошной массив ионизованного газа с отдельными неоднородностями концентрации ионизованных частиц (в среднем слой D имеет

[1] D означает тяжелый водород $^{2}_{1}H$ (дейтерий) с атомной массой 2. У обычного водорода (H) атомная масса равна 1.

концентрацию 10^4 электронов/см^3, слой E — 10^5, слой F_1 — $5 \cdot 10^5$, слой F_2 — 10^6 электронов/см^3). Было обнаружено изменение плотности верхних слоев атмосферы и колебания их температуры в зависимости от изменения солнечной активности и времени года (так, например, летом в дневные часы плотность на высоте 200 км в 20 раз больше, чем зимой ночью), а также в зависимости от широты (плотность в полярных районах в пять раз больше, чем вблизи экватора на той же высоте).

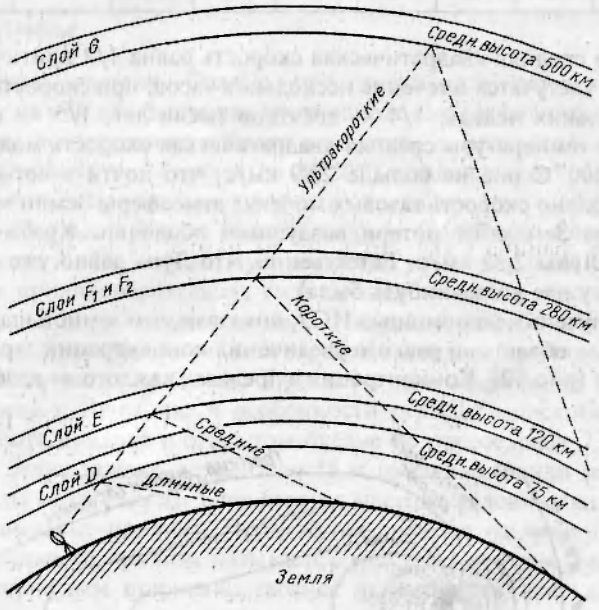


Рис. 11. Схема отражения радиоволн от различных ионизированных слоев ионосферы

Самые высокие полярные сияния наблюдались на высотах 1000 и даже 1500 км. *Свечение ночного неба* обнаруживается на высотах до 2000 км. В зените в визуальной области спектра в безлунную ночь оно составляет от $0{,}3 \cdot 10^{-8}$ стильба до 10^{-8} стильба, или иначе от $\sim$100 до $\sim$400 звезд 10^m на квадратный градус. (О светимости ночного неба (включающей влияние зодиакального света) см. с. 131.) Область от 600 до $\sim$5000 км называется экзосферой (внешняя сфера или сфера рассеяния). Концентрация электронов в ней падает с высотой от 10^8 до 10^2 в см^3. Из этой области непрерывно происходит «утечка» атомов атмосферы, в особенности легких газов — водорода и гелия. Приобретая скорость больше критической (так называемой *скорости ускользания*, *диссипации*, или *скорости освобождения*), определяемой по формуле $V_{кр} = (2G\mathfrak{M}/R)^{1/2}$, где G — постоянная тяготения, $\mathfrak{M}$ — масса небесного тела, R — его радиус, эти атомы навсегда покидают Землю. Критическая скорость для газовой молекулы на поверхности Земли 11,2 км/с. В космонавтике — это *вторая космическая скорость*. Первая же космическая скорость равна $11{,}2 \cdot 1/\sqrt{2} = 11{,}2 \cdot 0\,707 = 7{,}91$ км/с. Эта скорость уменьшается с высотой, а соответствующий период обращения ИСЗ вокруг центра Земли увеличивается от 84,4 минуты для высоты 0 км согласно следующей таблице, последний столбец которой соответствует так называемой *стационарной орбите*:

Круговая скорость и орбитальный период на разной высоте от поверхности Земли

Высота, км	0	200	500	1000	2000	5000	10 000	20 000	35 900
Скорость, км/с	7,91	7,79	7,63	7,36	6,91	5,92	4,94	3,90	3,07
Период, ч мин	1 24	.1 28	1 34	1 45	2 07	3 22	5 48	11 49	24 00

Однако если средняя квадратическая скорость равна 1/2 критической, то молекулы атмосферы улетучатся в течение нескольких часов, при скорости, равной 1/3 — в течение нескольких недель, 1/4 — десятков тысяч лет, 1/5 — миллиардов лет. При повышении температуры средняя квадратическая скорость молекул возрастает. Однако до $t = 400\,^{\circ}C$ она не больше 2,89 км/с, что почти в четыре раза меньше критической. Реально скорость газовых молекул атмосферы Земли меньше 2,5 км/с, что предохраняет Землю от потери воздушной оболочки. Критическая скорость на поверхности Луны 2,38 км/с. Естественно, что Луна давно уже лишилась атмосферы (если она у нее когда-нибудь была).

Данные, полученные с помощью ИСЗ, показали, что земной шар окружен «поясами радиации» — областями резкого увеличения концентрации заряженных частиц высокой энергии (рис. 12). Концентрация в пределах каждого из *радиационных поясов*

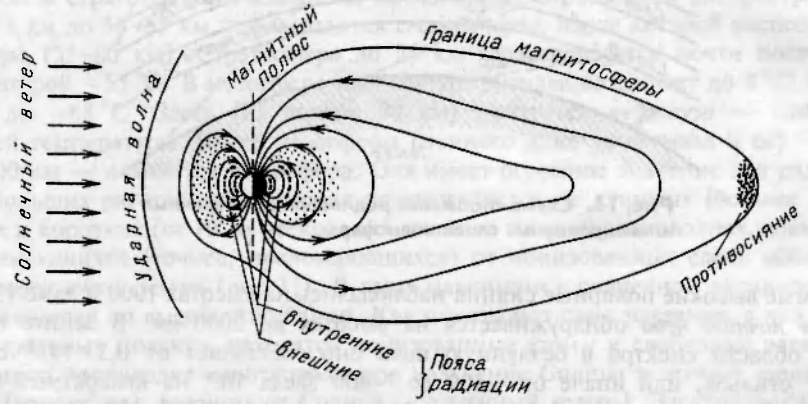


Рис. 12. Магнитосфера Земли

оказалась наибольшей вблизи плоскости магнитного экватора Земли (как известно, не совпадающего с географическим) и убывает к магнитным полюсам. Ближе к Земле концентрация заряженных частиц (по-видимому, протонов с энергиями до сотни миллионов эВ) достигает максимума на высоте порядка ста км. Выше этого частицы (вероятно, электроны с энергией в несколько десятков тысяч эВ) простираются до высот в 50–60 тыс. км.

Распределение в атмосфере температуры (определяемой тепловыми скоростями движений частиц воздуха) характеризуется любопытными неправильностями — *температурными инверсиями*: в тропосфере температура уменьшается приблизительно на 6 °С с каждым километром высоты; от тропопаузы до высоты 30 км температура приблизительно постоянна и равна −55 °С от 30 до 55 км температура постепенно повышается до 0 °С; к высоте 80 км она вновь падает до −68 °С и затем постепенно

повышается, достигая 1000 °С на высоте больше 500 км [12]. Однако плотность воздуха на этих высотах столь мала, что температура тела, попавшего туда, будет определяться способностью тела поглощать энергию солнечных лучей и излучать ее в окружающее пространство, а не температурой окружающего его крайне разреженного воздуха.

Изучение метеорных следов и серебристых облаков (высота ~80 км) обнаруживает наличие «стратосферных ветров», скорости которых превышают 100 м/с.

1.1.3. Приливы

Луна и, в меньшей степени, Солнце, притягивая подвижную водную оболочку Земли, образуют на ней как бы по два противоположно расположенные горба, которые, перемещаясь по поверхности Земли вследствие ее вращения, вызывают по два прилива и два отлива в сутки (точнее, за 24^h50^m) в океанах и открытых морях. Наибольшие (сизигийные) приливы совпадают с сизигиями (см. с. 66), наименьшие — с квадратурами. Первые в 3 раза больше вторых. Подобные приливы происходят также в земной коре и в атмосфере. Луна действует примерно в два раза сильнее, чем Солнце, так как приливообразующая сила пропорциональна массе тела и обратно пропорциональна кубу расстояния до него. Подробно разработана теория морских приливов, которая позволяет вычислить заранее календарь приливов и отливов и их высоту для любого места на Земле. При этом учитываются не только видимые положения Солнца и Луны, но и особенности рельефа морского дна и берегов. Наибольшая высота прилива в открытом океане не превосходит 2 м, но в некоторых проливах и узких заливах доходит до 15 м (в заливе Фанди на атлантическом побережье Канады — до 18,6 м). Близ берегов местные условия подводного рельефа вызывают запаздывание прилива. Промежуток времени от момента кульминации Луны до максимального прилива называется *прикладным часом*. Его величина, как и другие характеристики приливов, заранее вычисляются для каждого морского порта и включаются в лоции.

Приливы в земной коре имеют максимальную амплитуду (на экваторе) всего 43 см, а приливы в атмосфере создают колебания атмосферного давления на поверхности Земли в несколько миллиметров ртутного столба. Постепенное замедление вращения Земли и связанное с ним увеличение продолжительности земных суток (около 0,0016 с за сто лет или $5 \cdot 10^{-8}$ с в сутки) является следствием приливного трения водной оболочки о поверхность твердой оболочки Земли и приливов в теле Земли. Подтверждение этого замедления найдено в изменении количества тончайших суточных микрослоев в годичных кольцах кораллов: ~370 млн лет назад их было 400, а теперь 365.

Отмечены также периодические изменения скорости вращения Земли с периодом в год, т. е. связанные с метеорологическими явлениями (весной вращение медленнее, осенью — быстрее). Вероятная причина этого — циркуляция атмосферы, сопровождающаяся передачей момента количества движения от атмосферы самой Земле. Иногда происходят внезапные изменения скорости вращения. Они не получили еще объяснения. Может быть, они связаны с тектоническими процессами в недрах Земли — землетрясениями, извержениями вулканов и т. д., вызывающими перемещение масс вещества относительно центра Земли.

[12] Франко-советские эксперименты в Арктике с образованием искусственного натриевого облака на больших высотах показали, что t порядка 1000 К достигается на высоте 120–170 км. Температура зависит от широты и от времени года.

Открытие неравномерности вращения Земли объяснило некоторые особенности движения Луны, которые в теории Луны учитывались эмпирически, а также находили объяснение во влиянии Венеры и Меркурия.

В 1956 г. внезапное изменение скорости вращения Земли произошло после исключительно мощной вспышки на Солнце 25 февраля. Может быть, изменение излучения Солнца оказало влияние на магнитное поле Земли, что внезапно изменило период ее вращения. А в августе 1972 г., после сильного солнечного шторма, было отмечено замедление скорости вращения Земли, или увеличение продолжительности суток на $0{,}0014^s$.

§ 1.2. Луна

Второе после Солнца яркое светило — Луна. Но даже в полнолуние Луна освещает Землю в 500 000 раз слабее Солнца. Луна — самое близкое к Земле небесное тело, наш «вечный спутник». Она представляет собой темный шар диаметром в 3476 км. Его поперечник, следовательно, немногим более 1/4 земного, а объем в 49 раз меньше. Масса Луны составляет $7{,}353 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81,30 массы Земли (о принципе определения массы Луны см. п. 1.1.1 и рис. 13). Средняя плотность Луны равна 3,34 г/см^3, что соответствует средней плотности базальтового слоя земной коры, лежащего под тонкой гранитной оболочкой. Ускорение свободного падения на поверхности Луны 1,62 м/с^2, т. е. приблизительно в 6 раз меньше, чем на Земле. Вторая космическая скорость на поверхности Луны 2,38 км/с. Хотя есть спутники планет и более массивные, чем Луна, она — одна из самых больших спутников по сравнению со своей планетой (превосходит ее в этом смысле только Харон). Часто Землю с Луной (как и Плутон с Хароном) называют двойной планетой. Это отражается и в форме орбиты Луны относительно Солнца (см. рис. 177).

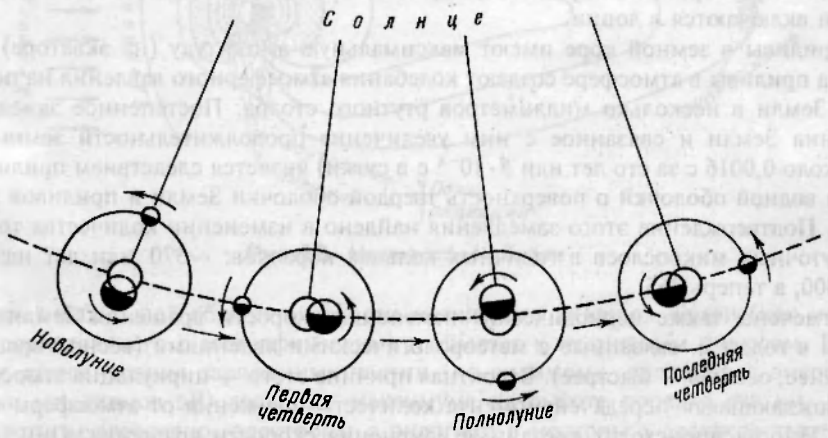


Рис. 13. Движение Земли и Луны относительно барицентра и фазы Луны

Луна обращается вокруг Земли на среднем расстоянии около 384 410 км (30 диаметров земного шара). Полный оборот Луна совершает за 27,322 суток. Этот промежуток времени называется *сидерическим*, или *звездным месяцем*. Угол между плоскостью орбиты Луны и экватором Земли изменяется от 18,5° до 28,5° вследствие движения линии узлов лунной орбиты по эклиптике. Освещаемая Солнцем Луна меняет

свой вид и проходит последовательно следующие фазы в зависимости от ее расположения относительно направления от Земли к Солнцу (рис. 13): *новолуние*, когда Луна скрывается в лучах Солнца (в этот момент долготы Солнца и Луны совпадают); *первая четверть* — Луна на 90° к востоку от Солнца, имеет вид полукруга, обращенного выпуклостью к западу, к Солнцу; *полнолуние* — полная Луна и Солнце находятся

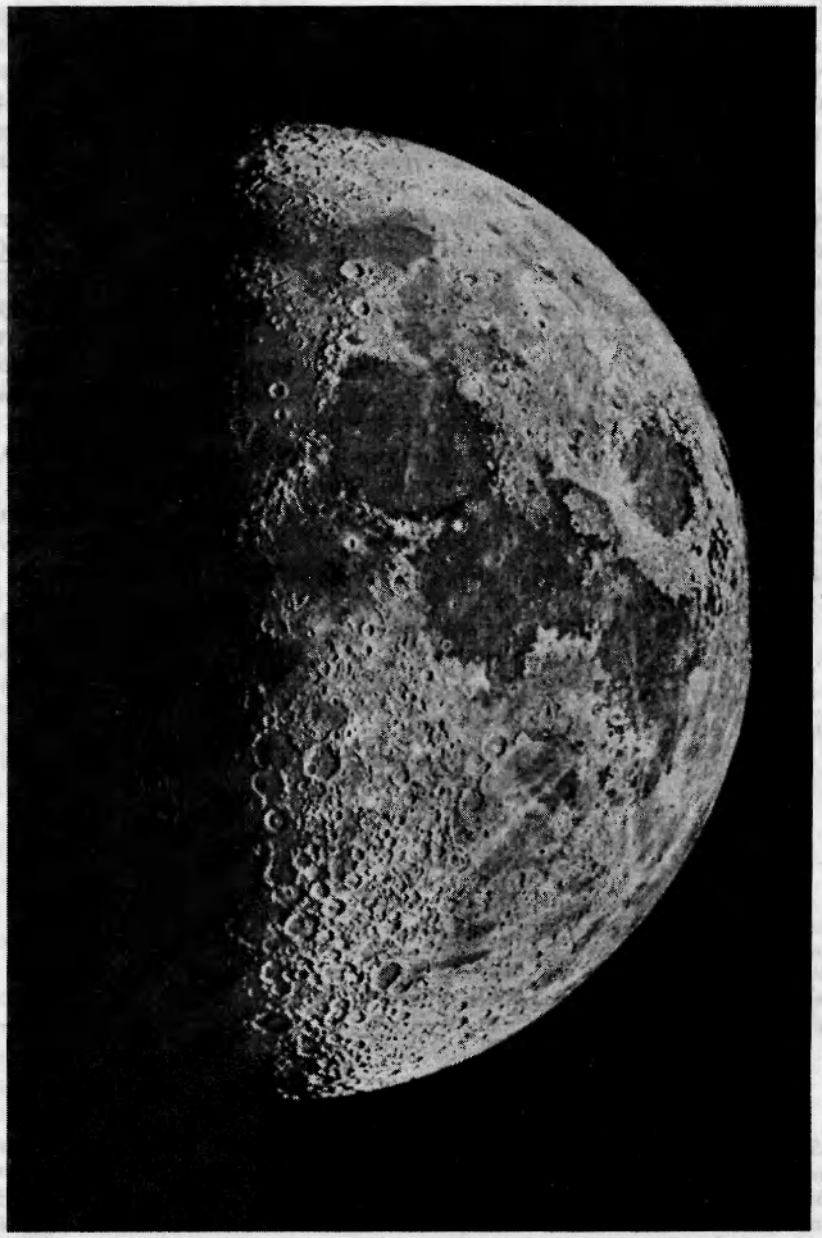


Рис. 14. Фотография Луны в первой четверти

в противоположных сторонах неба; *последняя четверть* — Луна на 90° к западу от Солнца, полукруг выпуклостью к востоку. После новолуния Луна видна на западе слева от заходящего Солнца в виде тонкого серпа, обращенного выпуклостью к Солнцу. Это — молодой, растущий месяц (напоминает букву Р, если соединить рога прямой линией). Перед новолунием серп Луны виден на востоке утром справа от восходящего Солнца. Это — старый месяц (напоминает букву С). Полнолуние и новолуние называют *сизигиями*; первую и последнюю четверти — *квадратурами*.

Возрастом Луны называют промежуток времени (выраженный в сутках и долях суток), отделяющий данный момент времени от предшествовавшего новолуния (см. табл. 16). *Элонгацией* Луны называют угловое расстояние ее от Солнца или, иначе, разность долгот Луны и Солнца. Период полной смены фаз составляет 29,531 суток и называется *синодическим месяцем*. Неровная, зазубренная линия *терминатора*, отделяющая освещенную часть Луны от неосвещенной (рис. 14), близка по форме к половине эллипса и лишь в моменты наступления первой и третьей четвертей превращается в прямую линию, делящую диск Луны строго пополам (это так называемая *дихотомия*).

Вскоре после новолуния, когда после захода Солнца на западе виден узкий серп «молодого месяца», либо перед новолунием до восхода Солнца, когда на востоке виден узкий серп «старого месяца», можно разглядеть и неосвещенную Солнцем часть Луны. Она светится бледно-серым, так называемым *пепельным светом*, — отраженным светом Земли. Для сравнения: освещенность от полной Луны на земной поверхности составляет 0,25 люкса, а освещенность от полной Земли на лунной поверхности близка к 16 люксам. Измеряя интенсивность пепельного света, можно определить *альбедо* Земли, которое меняется от 0,52 до 0,32 в зависимости от времени года. Среднее альбедо Луны составляет всего 0,12, т. е. лишь 12 % падающего на Луну

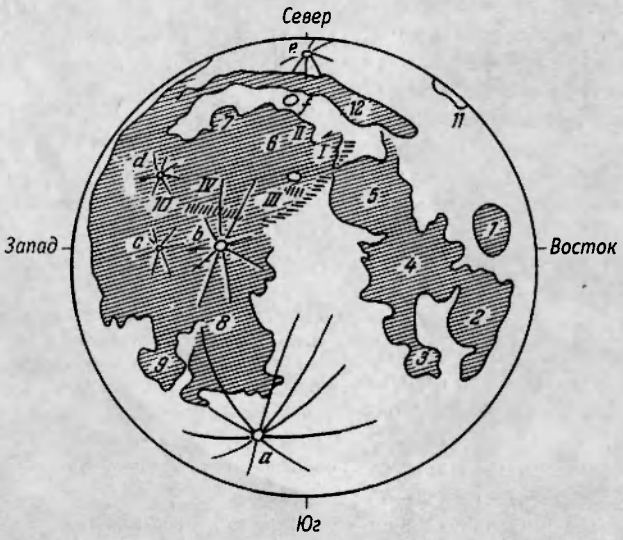


Рис. 15. Схематическая карта видимой стороны Луны. Моря: *1* — Кризисов, *2* — Изобилия, *3* — Нектара, *4* — Спокойствия, *5* — Ясности, *6* — Дождей, *7* — Опасностей, *8* — Облаков, *9* — Влажности, *10* — Океан Бурь, *11* — Гумбольдта, *12* — Холода; горы: *I* — Кавказ, *II* — Альпы, *III* — Апеннины, *IV* — Карпаты; кратеры: *a* — Тихо, *b* — Коперник, *c* — Кеплер, *d* — Аристарх, *e* — Анаксагор, *f* — Платон

света отражается и рассеивается ею. Напомним: *альбедо* («белизна») показывает, какую долю падающего света отражает данная поверхность. Для сравнения: альбедо воды — 5 %, травы зеленой — 26 %, песка — 30 %, чистого снега — 85 %.

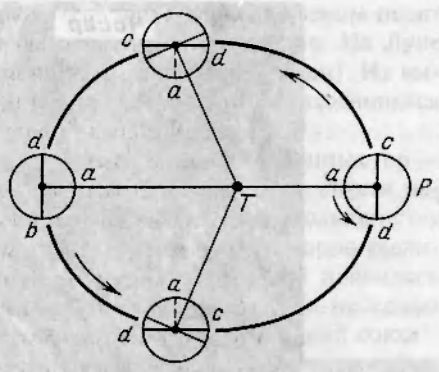


Рис. 16. Либрация Луны

Период вращения Луны вокруг своей оси в точности равен периоду ее обращения вокруг Земли, т. е. сидерическому месяцу, поэтому она всегда обращена к нам одной своей стороной (см. рис. 15). Другую сторону мы с Земли никогда не видим, если не считать того, что вследствие эллиптичности лунной орбиты и небольшого наклона ее экватора к плоскости собственной орбиты Луна для земного наблюдателя как бы несколько качается, давая нам возможность немного заглядывать за ее видимый край то с одной, то с другой стороны. Это — *либрации* (качания) Луны.

Вследствие либраций центр видимого диска Луны перемещается в пределах $\pm 7^\circ 54'$ по лунному экватору (максимальная *либрация по долготе*) (рис. 16) и в пределах $\pm 6^\circ 50'$ вдоль меридиана Луны (максимальная *либрация по широте*). *Суточная* (или *параллактическая*) *либрация*, связанная с перемещением самого наблюдателя вследствие вращения Земли, на ее экваторе доходит до $57'$. *Физическая либрация* (около $2''$) происходит из-за влияния других небесных тел на Луну. Совокупное влияние всех либраций дает возможность обозреть с Земли (разумеется, не одновременно) около 60 % всей лунной поверхности. Увидеть поверхность обратной стороны Луны помогли космические аппараты.

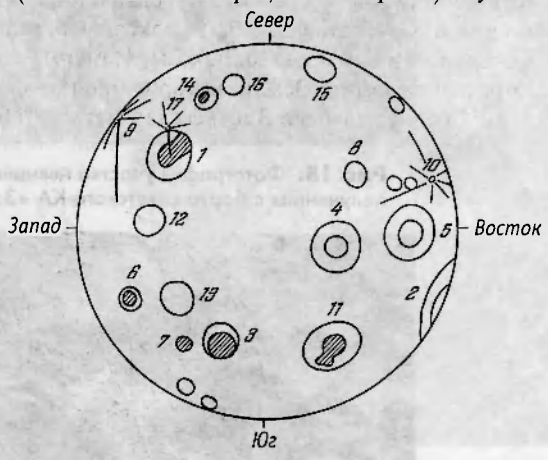


Рис. 17. Схематическая карта обратной стороны Луны: *1* — Море Москвы, *2* — Море Восточное, *3* — Море Мечты, *4* — Королев, *5* — Герцшпрунг, *6* — Циолковский, *7* — Жюль Верн, *8* — Мах, *9* — Джордано Бруно, *10* — Ом, *11* — Аполлон, *12* — Менделеев, *13* — Гагарин, *14* — Кэмпбелл, *15* — Биркгоф, *16* — Д'Аламбер

Луна практически лишена атмосферы: плотность ее меньше 10^{-13} плотности земной атмосферы на уровне моря. На Луне нет воды, а следовательно, не может быть облаков — все детали ее поверхности видны всегда совершенно отчетливо. Особенно контрастно они видны при косом освещении солнечными лучами, т. е. ближе к квадратурам, чем к полнолунию. Различия в яркости деталей лунной поверхности соответствуют различным их альбедо — от 0,05 до 0,2; различия в цвете деталей незначительны.

Большие темные пятна округлой формы, которые видны невооруженным глазом, — это широкие равнины, названные первыми наблюдателями «морями». «Моря», «заливы», «океаны» Луны носят весьма причудливые названия: Море Кризисов,

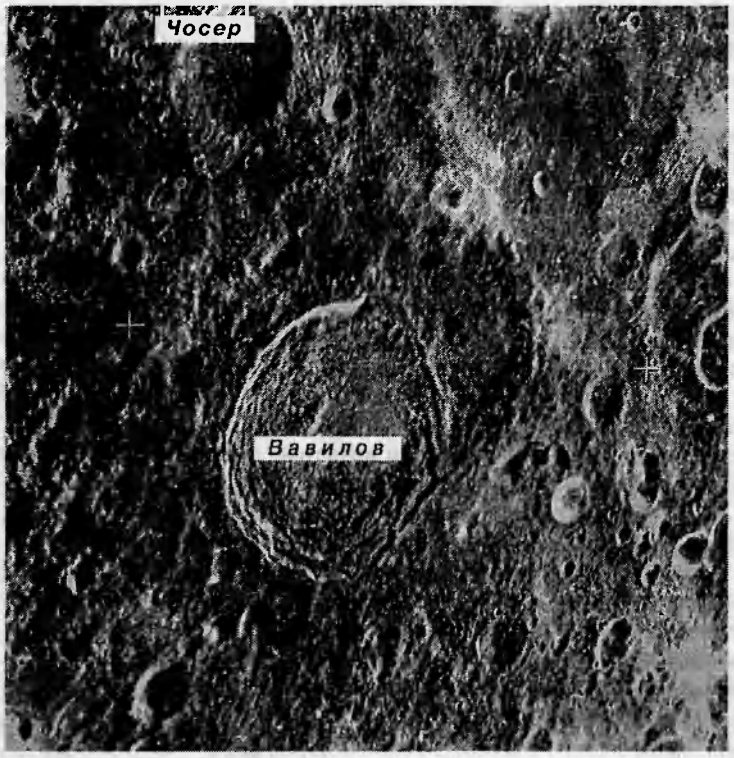


Рис. 18. Фотография участка невидимой с Земли стороны Луны, полученная с борта советского КА «Зонд-6». Север сверху

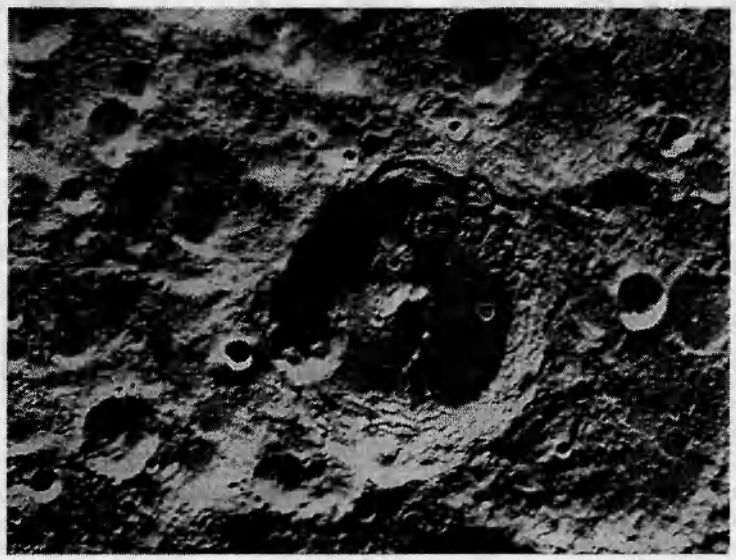


Рис. 19. Фотография области на обратной стороне Луны, полученная КА «Зонд-8» в 1970 г. В центре находится кратер Эйткен (его диаметр 130 км). Север слева

Море Ясности, Море Спокойствия, Океан Бурь и т. п. Кратеры в основном носят имена знаменитых астрономов и других ученых всех времен и народов. На Луне имеются *горные хребты*, по высоте почти не уступающие земным (до 5,5 км). Их высоты определяют, измеряя длины их теней при освещении Солнцем, находящимся близко к горизонту соответствующего места на Луне.

Горными массивами чаще всего окаймлены круговые моря. Имена лунных гор — Апеннины, Альпы, Кавказ и др. предложил Ян Гевелий еще в 1647 г. А спустя несколько лет Джованни Риччиоли и Франческо Гримальди дали имена большинству лунных морей и крупных кратеров. По мере совершенствования телескопов увеличивалось и число названий на лунных картах. Много новых названий появилось после фотографирования обратной стороны Луны. Все новые названия небесных тел и деталей рельефа на них утверждает Международный астрономический союз.

В современной *селенографии*, дисциплине, изучающей поверхность Луны, принято выделять области двух типов: светлые — материковые, занимающие 83 % площади всей поверхности, и темные — морские, составляющие 17 %. Материки характеризуются значительными неровностями и множеством кратеров, а моря — пониженные, относительно ровные области с меньшим количеством кратеров. При низком положении Солнца на поверхности морей можно различить невысокие гряды, простирающиеся на большие расстояния.

Преобладающим типом образований на лунной поверхности являются метеоритные кратеры самых разных размеров: от сотен километров до нескольких десятков сантиметров в диаметре; самый большой кратер Байе имеет диаметр 300 км. Большим наземным телескопам доступны кратеры диаметром 1 км; самые малые, еще различимые в мощные телескопы, имеют 100–200 м в поперечнике. Большинство кратеров, видимых в небольшие трубы, имеет диаметры до 150 км. Список основных кратеров и карту всей Луны см. в Приложении I.

Рис. 20. Кольцевые горы на Луне (справа внизу кратер Птолемей, а выше него Альфонс и Арзахель, слева внизу — Аль-Баттани. Стрелкой отмечена центральная горка кратера Альфонс, близ которой Н. А. Козырев обнаружил выброс газов (см. с. 72). Север внизу

Высота кольцевого вала кратеров достигает нескольких километров, но она обычно мала по сравнению с размером самого кратера: из центра большого кратера не видно вала, который скрывается за горизонтом вследствие кривизны поверхности Луны. Кратеры различаются по степени сохранности вала: от четко выраженных — сравнительно молодых, до сильно разрушенных — старых. У большинства молодых кратеров на внутренних стенках есть террасы, а на дне — горки. На дне некоторых кратеров видны трещины или цепочки из мелких кратеров.

При высоком Солнце в окрестности некоторых наиболее молодых кратеров (Тихо, Кеплер, Коперник) можно различить лучевые системы — светлые полосы,

радиально отходящие от кратера. Эти светлые лучи шириной в несколько километров пересекают горы и моря, простираясь иногда на расстояния до 4000 км от своего центра. Возможное объяснение их природы заключается в том, что в результате взрыва, вызванного падением большого метеорита, в некоторых направлениях были выброшены достаточно крупные осколки, вызвавшие появление вторичных кратеров размером 100–1000 м. Они расположились вдоль радиусов, расходящихся от основного кратера — центра системы белых лучей. Возможно, лучи отличаются от окружающей местности в силу разных причин: из-за скопления маленьких вторичных кратеров или повышенной плотности каменистых выбросов.

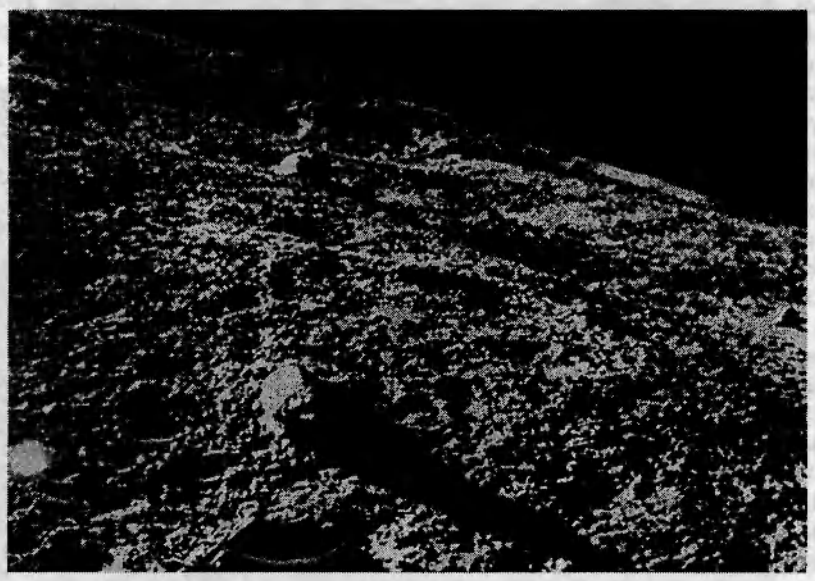


Рис. 21. Часть первой панорамы Луны, переданной на Землю КА «Луна-9». Различимы детали размером в несколько миллиметров

Есть на Луне и гигантские цепочки кратеров, протянувшиеся от Моря Восточного на тысячи километров. Долины, шириной в несколько десятков километров и длиной в сотни километров, как правило, встречаются на окраинах морей. Более узкие, длинные и обрывистые ложбины, сохраняющие одинаковую ширину по всей своей длине называют бороздами. Их часто можно видеть и на морях, и на материках. Встречаются на Луне и сбросы, такие как Прямая Стена в Море Облаков; этот уступ высотой около 300 м протянулся на 125 км.

Отсутствие атмосферы способствует сильному нагреванию поверхности Луны в течение дня, который длится две недели, и ее охлаждению в течение двухнедельной ночи. Наблюдающееся быстрое охлаждение Луны во время лунных затмений (на 240 °С за два часа) говорит о том, что ее поверхность имеет очень малую теплопроводность.

Радиолокационные исследования Луны в диапазоне от 0,13 до 35 см и измерения ее собственного радиоизлучения, проведенные под руководством В. С. Троицкого в Нижнем Новгороде, позволили объяснить исключительно малую теплопроводность лунной поверхности тем, что она на глубину 1,5–2 м состоит из пористого вещества, называемого *реголитом* ($\rho = 0{,}5$ г/см^3). Это мелкообломочный материал, покрывающий коренные скальные породы. Он образовался за счет выбросов

раздробленной породы при ударных взрывах во время падения метеоритов. Можно предполагать, что эти взрывы вызывают дробление коренных пород и спекание обломочного материала в вакууме в шлакоподобную массу.

На глубинах больше метра температура почти не зависит от фаз Луны, т. е. не подвергается влиянию солнечного излучения. Более глубокие слои обнаруживают повышение температуры, подобно тому как на Земле наблюдается геотермический градиент; на глубине 20 м температура на 25 °С выше, чем на глубине 1 м под поверхностью. Вероятно, причина сходная — разогревание недр Луны радиоактивными элементами.

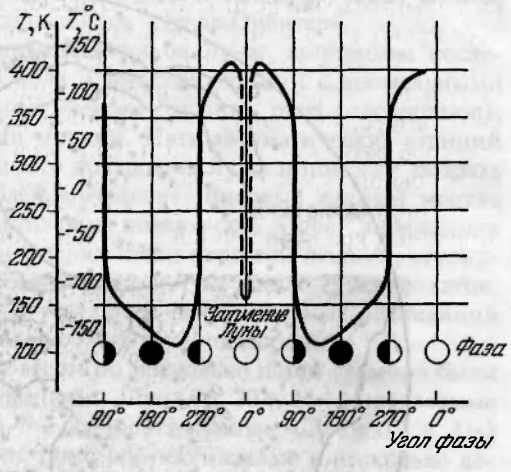


Рис. 22. Зависимость температуры поверхности в центре лунного диска от угла фазы. Прерывистой линией показано падение температуры во время полного лунного затмения

Радиоастрономическими методами выявлены многочисленные «горячие» пятна на Луне; большинство их расположено внутри кратеров. Сканированием поверхности Луны во время полных лунных затмений и вне затмений обнаружено более 400 «теплых пятен» малых размеров (рис. 23). Некоторые из них на ~50 °С теплее окружающей местности. Более горячими оказались внутренние части многих кратеров, причем чем меньше кратер, тем бóльшую разность температур он обнаруживает.

Причина образования лунных кратеров долгое время служила предметом споров. Существовали две гипотезы их происхождения: вулканическая и метеоритная. По первой вулканические явления (извержения, сжатия, растрескивания почвы) в прошлом происходили весьма интенсивно. Грандиозные пузыри газов выбивались из недр Луны и, лопаясь, оставляли на поверхности кольцевые валы и нередко центральные горки. По другой гипотезе, при падении крупных метеоритов происходили грандиозные взрывы, которые разбрасывали симметрично во все стороны почву и образовывали кольцевые горы — кратеры. Сейчас уже нет сомнений, что абсолютное большинство лунных кратеров имеют метеоритное происхождение.

На Земле обнаружены десятки кратеров, подобных лунным, но несравненно меньших размеров. Таковы: кратер Ашанти (Гана) — диаметр 9,8 км, глубина 350 м, кратер Чабб в Северной Канаде (~3,4 км, глубина ~0,4 км), кратер Ротер Камм в Юго-Западной Африке (2,4 км, наибольшая глубина 30 м, вал 90 м), кратер Лонар в Индии (1,8 км, глубина 120 м) — их возраст от 1 до 10 млн лет; метеоритный кратер в Аризоне (США) — «Каньон Дьявола» (~ 1,2 км, глубина 0,2 км, возраст ~5000 лет), семь кратеров на о. Сааремаа в Эстонии (наибольший диаметр 110 м), кратеры, образовавшиеся во время падения Сихотэ-Алинского метеорита (120 кратеров и воронок от 1 до 29 м в поперечнике), и др. Кроме того, в различных местах Земли обнаружено около 120 древних, полуразрушенных временем метеоритных кратеров, называемых *астроблемами* (blêma — по-гречески рана), диаметрами до 140 км.

Многочисленные кратковременные феномены, проявляющиеся в виде светлых и темных пятен, дымок и различных свечений, наблюдались на Луне начиная с XVI в. Особенно знамениты в этом плане кратеры Аристарх, Платон, Альфонс. Однако

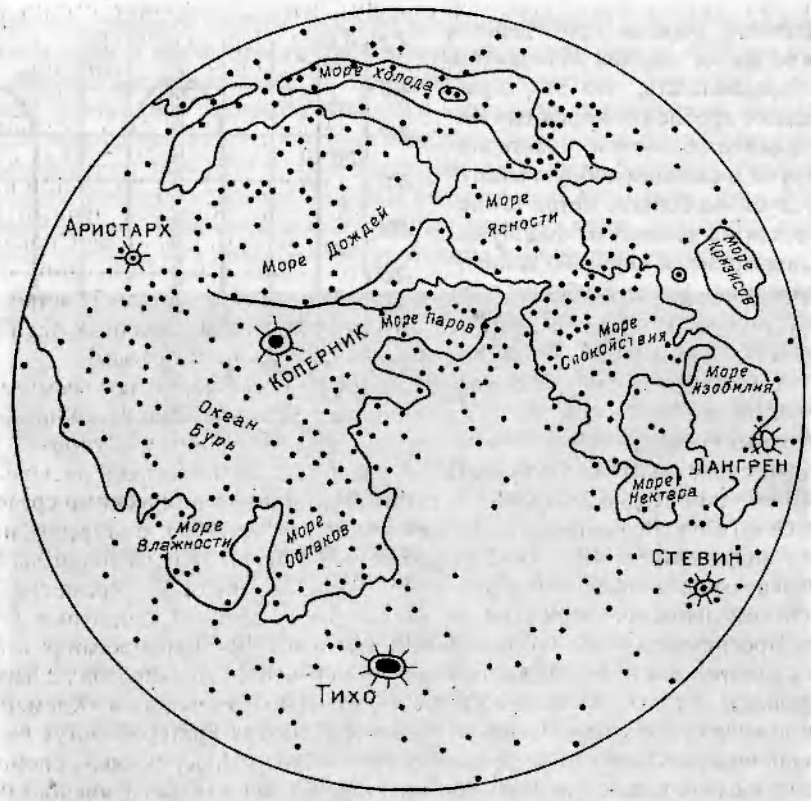


Рис. 23. Видимое полушарие Луны. Точками отмечены «горячие» пятна

зафиксировать такое свечение удалось лишь однажды — 3 ноября 1958 г. советский астроном Н. А. Козырев, пользуясь 122-сантиметровым рефлектором КрАО, обнаружил в кратере Альфонс свечение газов, по-видимому, исходивших из центрального пика. Очевидно, время наблюдения совпало с непродолжительным извержением газов из лунного вулкана. До этого в 1957 г. в США была получена фотография Луны, на которой центральная часть кратера Альфонс покрыта какой-то дымкой. Вероятно, это тоже результат выброса облака газов.

Луна стала первым объектом, к которому направились автоматические зонды. 2 января 1959 г. советский зонд «Луна-1» прошел на близком расстоянии от поверхности Луны, затем «Луна-2» достиг ее поверхности, а в октябре 1959 г. «Луна-3» сфотографировал часть невидимой с Земли стороны Луны. По этим снимкам была составлена первая в мире карта обратной стороны Луны, на которой ряду крупных кратеров были присвоены имена в честь Циолковского, Попова, Склодовской, Кюри и др. Два темных образования получили имена Море Москвы и Море Мечты. В 1964–1965 гг. американские зонды «Рейнджер-7, 8 и 9» детально фотографировали небольшие участки поверхности видимой стороны Луны, приближаясь к ней без торможения. Тогда еще не умели совершать мягкую посадку, и зонды разбивались. Лишь в феврале 1966 г. впервые произвела мягкую посадку станция «Луна-9», передавшая на Землю панораму окружающей местности. Спустя четыре месяца посадку выполнил и американский аппарат «Сервейер-1». К этому времени «Зонд-3»

завершил фотографирование обратной стороны Луны, а детальную съемку всей ее поверхности выполнили в 1966–1967 гг. пять зондов «Лунар Орбитер».

Наблюдая за движением искусственных спутников Луны, астрономы исследовали особенности ее гравитационного поля и выявили области с аномальными значениями силы тяжести, так называемые *масконы* (от англ. mass concentration), совпадающие по положению с круговыми морями. Пять автоматических станций «Сервейер» сели в различных точках видимого полушария Луны и помогли выбрать место для посадки пилотируемых кораблей «Аполлон». Впервые лунный модуль «Аполлона-11» с двумя астронавтами опустился на поверхность Моря Спокойствия 20 июля 1969 г. Нейл Армстронг и Эдвин Олдрин стали первыми людьми, ступившими на поверхность нашего небесного соседа. Всего к Луне летало 27 астронавтов, из них 12 побывали на ее поверхности. В результате шести удачных экспедиций по программе «Аполлон» на Землю доставлено 382 кг лунной породы.

Кроме этого образцы лунной породы весом по несколько сотен граммов были доставлены на Землю автоматическими станциями «Луна-16, 20 и 24». Управляемые с Земли самоходные аппараты «Луноход-1 и 2» (доставленные «Луной-17 и 21») исследовали свойства лунного грунта вдоль трасс протяженностью в несколько десятков километров. Период активных исследований Луны космическими средствами завершился к 1976 г. Возобновились исследования лишь в 1990 г. с запуском первого японского зонда «Мусес А». Затем спектральные снимки значительной части Луны, необходимые для определения химического состава ее пород, передал на Землю зонд «Галилео», направлявшийся к Юпитеру. Спутники Луны «Клементина» (1994 г.) и «Лунар Проспектор» (1998 г.) выполнили детальное фотографирование всей поверхности с разрешением до 250 м в видимом и инфракрасном диапазонах; измерили высоты рельефа и уточнили гравитационное поле Луны. Измерения «Клементины» в районе южного полюса показали, что на дне глубоких кратеров могут быть частички водяного льда. Нейтронный спектрометр «Лунар Проспектора», специально предназначен для определения водяного льда, подтвердил, что около южного полюса на площади более 15 000 кв. км действительно может быть лед, а в районе северного полюса площадь льда даже вдвое больше. Лед скорее всего был занесен на Луну кометами. Исследования Луны несомненно будут продолжаться.

В результате всех этих исследований мы теперь многое знаем о рельефе Луны, о составе ее поверхности, о ее внутреннем строении, но по-прежнему мало знаем о ее происхождении. Изучение образцов, доставленных из различных районов показало, что Луна имеет тот же возраст, что и Земля — около 4,5 млрд лет.

На самой ранней стадии существования Луны произошла глобальная магматическая дифференциация лунного шара, в результате которой сформировались кора и верхняя мантия. Это сопровождалось интенсивной метеоритной бомбардировкой. Большинство крупных материковых кратеров и огромные «морские» впадины появились в ту эпоху.

Светлая лунная кора, сохранившаяся в области современных лунных материков, сложена породами анортозитового состава, плотность которых (2,9 г/см^3) меньше средней плотности Луны. На видимой строне кора имеет толщину 60 км, а на обратной около 100 км. Примерно 3 млрд лет назад из недр Луны на поверхность излились базальтовые лавы, слагающие впадины морей. Плотность морских базальтов 3,3 г/см^3. Базальтовые лавы покрывают около 17 % всей площади Луны, причем на видимом полушарии они составляют 30 %, а на обратном менее 3 %. Таким образом, для Луны характерна глобальная асимметрия в распределении лавовых потоков. В результате непрерывной бомбардировки метеоритами на поверхности Луны образовался рыхлый слой из раздробленных пород — *реголит*, толщиной 2–3 м. Этот

слой обладает низкой теплопроводностью; поэтому, несмотря на большую разницу между дневной (+130 °С) и ночной (−170 °С) температурой поверхности, на глубине около 1 м температура почти постоянная, около −15 °С.

У Луны практически отсутствует глобальное магнитное поле; есть лишь слабые местные магнитные аномалии. Естественная сейсмическая активность Луны невелика. Выделяют два основных типа лунотрясений: первый связан с процессами в глубоких недрах. Несколько десятков очагов выявлено на глубине 600–800 км; важную роль здесь играют приливные деформации. Колебания второго типа вызваны подвижками в лунной коре.

Изучение образцов лунных пород показало, что по элементному и минералогическому составу они очень близки к земным породам типа базальтов, норитов и анортозитов, но имеются и существенные различия. Лунные морские базальты выделяются высоким содержанием окислов железа, а иногда и окислов титана, которых в земных базальтах значительно меньше. Нориты — это неморские базальты, отличающиеся высоким содержанием окислов алюминия. Некоторые образцы базальтовых и норитовых лунных пород имеют повышенное содержание калия, редкоземельных элементов и фосфора. Анортозиты служат земным аналогом материкового вещества Луны.

Выяснением вопросов, связанных с происхождением и эволюцией различных образований лунной поверхности, занимается *селенология*. Большой интерес представляет вопрос о происхождении самой Луны. Прежде считали, что Луна образовалась в результате отторжения от Земли части ее массы (под действием центробежной силы) и даже указывали на впадину Тихого океана как на место возможного отрыва Луны. Позже полагали, что Луна образовалась как второй центр конденсации вещества при образовании самой Земли. Вначале этот центр был на небольшом расстоянии от Земли, а затем в результате приливного трения Луна постепенно удалилась на свое нынешнее расстояние, причем период ее вращения вокруг оси стал в точности равен периоду ее обращения вокруг Земли. В последние годы серьезно рассматривается гипотеза образования Луны из вещества, выброшенного прото-Землей при столкновении с неким крупным телом, подобным Марсу. Надо полагать, в этой области еще есть место для новых идей.

Дальнейшую эволюцию системы Земля—Луна под действием приливной силы можно представить себе следующим образом. Земля замедлит вследствие приливного трения свое вращение, а Луна под действием приливов постепенно отдалится от Земли. Когда период вращения Земли сравняется с орбитальным периодом Луны (это произойдет, когда оба они станут близки к нынешним 50 суткам), наступит некоторое равновесие. Дальнейшая приливная эволюция будет уже связана только с притяжением Солнца.

§ 1.3. Пылевые спутники Земли

В 1961 г. К. Кордылевский (Польша) открыл два слабосветящихся пылевых облака, являющихся своеобразными спутниками Земли. Подобно астероидам-*троянцам* (см. рис. 57) они расположены в точках *либрации* (L_4 и L_5) — в углах равносторонних треугольников, стороны которых равны радиусу лунной орбиты (рис. 24). Их чрезвычайно трудно наблюдать из-за их очень малой яркости. Однако в 1963 г. американский астроном Д. Симпсон на высокогорной обсерватории Локсли, а за ним и другие подтвердили открытие польского астронома и нашли, что размеры облаков сравнимы с размерами Земли, но масса их в $6 \cdot 10^{23}$ раз меньше массы Земли, т. е. составляет всего $\sim 10\,000$ т. Плотность облаков составляет приблизительно одну

пылинку массой $2 \cdot 10^{-5}$ г на 1 км^3! Пылевые спутники близ L_4 и L_5 К. Кордылевский вновь наблюдал в 1970–1974 гг. Диаметром $\sim 10^\circ$ они показывают фазы, подобные фазам Луны; облако, движущееся впереди Луны, всего ярче через два дня после первой четверти Луны, а второе — за два дня до последней четверти. Облака обращаются вокруг точек L_4 и L_5 с периодом около месяца, отходя от них на расстояние до 10°.

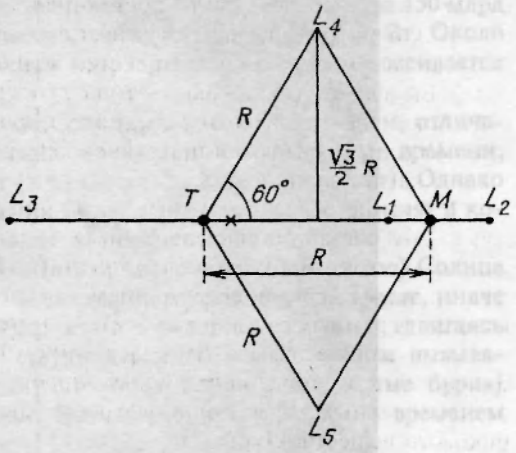


Рис. 24. Геометрия точек либрации системы Земля (*T*) — Луна (*M*). Крестиком обозначен центр масс системы

Наблюдения с ИСЗ показали, что пылевые облака движутся по эллипсам с полуосями 6° и 2° и с центрами в самих точках либрации (см. АЦ № 1089, 20 янв. 1980 г., Н. Старова). Возможно, что области близ либрационных точек системы Земля—Луна представляют собой как бы гравитационные ловушки, в которых отдельные пылинки проводят продолжительное время, а затем покидают их, а в ловушки попадают новые частицы межпланетной пыли. Возможно, что образование пылевых облаков Кордылевского подвержено колебаниям в результате взаимодействия с солнечным ветром, интенсивность которого связана с солнечной активностью.

§ 1.4. Солнце

Солнце является самой близкой к нам звездой. Центральное тело Солнечной системы и ярчайшее светило оказывает влияние на все природные явления на Земле. Среди звезд оно занимает весьма скромное место. Это желтый карлик спектрального класса G2 V — звезда, средняя по своим размерам, массе, температуре поверхности, плотности и т. д. (рис. 25).

Раскаленный вращающийся газовый шар Солнца заключает в себе 99,87 % массы всей Солнечной системы ($\sim 2 \cdot 10^{30}$ кг или $333\,000\,\mathfrak{M}_\oplus$). Масса планет составляет, таким образом, всего $\sim 1/750$ массы всей Солнечной системы. Диаметр Солнца равен 1 392 000 км (в 109,1 раза больше диаметра Земли). Сплюснутость солнечного шара всего $\sim 10^{-5}$.

Температура видимой поверхности слоев Солнца около 6000 К. По современным представлениям о внутреннем строении звезд температура должна возрастать с глубиной, достигая в центре Солнца около 15 млн градусов. Давление в центре достигает 340 миллиардов атмосфер, плотность несколько меньше 160 г/см^3. В ядре Солнца радиусом в $\frac{1}{4} R_\odot$ (объем $\frac{1}{64} V_\odot$) содержится $\sim \frac{1}{2} \mathfrak{M}_\odot$ и генерируется ~ 99 % всей его энергии. Высокая температура и громадное давление вышележащих слоев создают в недрах Солнца условия для ядерных реакций, которые являются источником солнечной энергии. Главной такой реакцией считают превращение ядер водорода в гелий (см. § 1.19). При превращении 1 г водорода в гелий выделяется $\sim 10^{12}$ Дж энергии (согласно *соотношению Эйнштейна* $E = mc^2$ между массой и энергией, где c — скорость света).

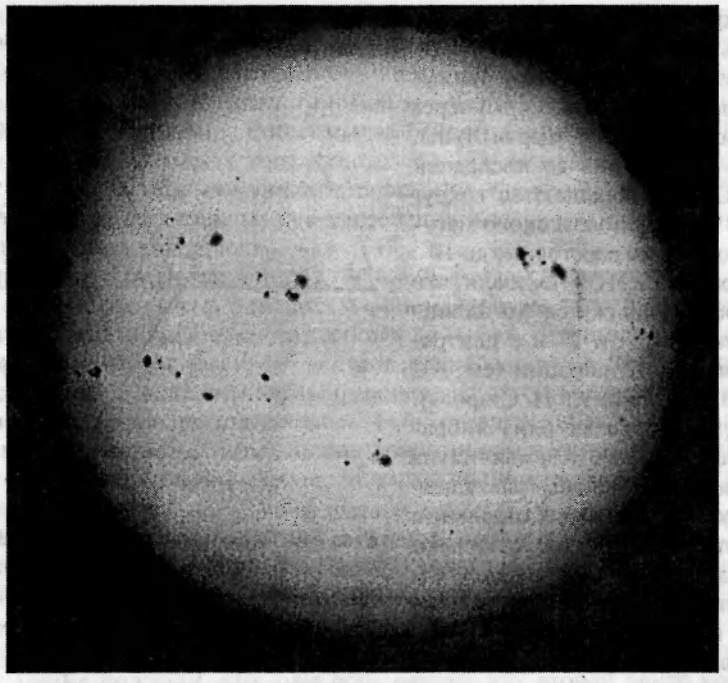


Рис. 25. Солнце с несколькими группами пятен

Определив количество энергии, которое получает единица поверхности (перпендикулярной к падающим лучам) на среднем расстоянии Земли от Солнца вне земной атмосферы в единицу времени, можно рассчитать общее количество энергии, испускаемой Солнцем, и его температуру.

Для измерения полного потока солнечной радиации применяются особые приборы — *пиргелиометры*, конусный радиометр, *спектроболометры* и др. приборы. Учтя поглощение в земной атмосфере (~23 % потока, если Солнце находится в зените), найдем число калорий, получаемых квадратным сантиметром поверхности, перпендикулярной к солнечным лучам, в минуту, — эта величина называется *солнечной постоянной*. Оказалось, что эта постоянная (на самом деле она меньше чем на 1 % меняется в зависимости от фазы солнечной активности) в среднем равна 1,965 калорий в минуту на 1 $см^2$ или 1369 $Вт/м^2$. Так как радиус Солнца в 215 раз меньше среднего расстояния от Солнца до Земли, то площадь поверхности Солнца в $215^2 = 46\,225$ раз меньше площади сферы с радиусом 149 600 000 км. Следовательно, один квадратный сантиметр поверхности Солнца испускает 6,33 кВт. Вся поверхность Солнца излучает $3{,}85 \cdot 10^{26}$ Вт; это *светимость Солнца*.

По закону Стефана—Больцмана квадратный сантиметр поверхности абсолютно черного тела излучает $5{,}67 \cdot 10^{-12} T^4$ Вт.

Таким образом, эффективная температура Солнца равна

$$T_{\text{eff}} = \sqrt[4]{\frac{6330}{5{,}67 \cdot 10^{-12}}} = 5800 \text{ K},$$

если принять, что Солнце излучает как *абсолютно черное тело* (см. п. 3.6.1).

Ежесекундно Солнце теряет около 4,3 млн т массы на излучение. В год это составляет $1{,}4 \cdot 10^{14}$ тонн (такова, например, масса астероида диаметром 50 км). Но Солнце очень велико: 1 % своей массы оно потеряло бы на излучение за 150 млрд лет. На Землю падает 1/2 000 000 000 солнечного излучения, или $2 \cdot 10^{17}$ Вт. Около половины этой энергии отражается облаками и поверхностью Земли, рассеивается и поглощается земной атмосферой.

Общее количество энергии, излучаемое Солнцем во всех длинах волн, отличается высоким постоянством в течение весьма значительных промежутков времени, сравнимых с геологическими периодами (т. е. в течение миллиардов лет). Однако интенсивность ультрафиолетового излучения Солнца испытывает колебания: в коротковолновом участке спектра Солнце является переменной звездой.

Помимо электромагнитного излучения (в том числе и рентгеновского) Солнце посылает еще потоки заряженных частиц вещества (*корпускулярное излучение*, иначе «солнечный ветер»), например, поток ядер атомов водорода, которые, двигаясь со скоростями до 3000 км/с, взаимодействуют с земной ионосферой и вызывают полярные сияния, возмущения магнитного поля Земли («магнитные бури») и нарушения коротковолновой радиосвязи. Это излучение меняется со временем и неодинаково в разных частях поверхности Солнца.

Видимую поверхность Солнца образует так называемая *фотосфера* (от греческого слова «фотос» — свет), весьма условная граница газового солнечного шара, над которой находятся различные слои *солнечной атмосферы*. Можно определить фотосферу как тонкий слой (не более 100–200 км толщиной), глубже которого наш взор не может проникнуть вследствие очень быстро возрастающей с глубиной непрозрачности (уровень фотосферы с $\rho \sim 10^{-8}$ г/см^3 и $T \approx 4600$ К условно принимается за поверхность Солнца). Быстрота возрастания непрозрачности с глубиной и ее абсолютное значение определяют резкость наблюдаемого края диска Солнца; она зависит от длины волны света, в которой мы рассматриваем Солнце. У края диска наш взгляд проникает лишь до более высоких и, следовательно, более холодных слоев, чем в центре диска (рис. 26). От этого происходит *потемнение к краю* диска: яркость в центре диска больше средней яркости, а ближе к краю — меньше, причем *коэффициент потемнения к краю* является функцией длины волны — в красных лучах он меньше, чем в синих. В среднем он составляет для Солнца 0,67.

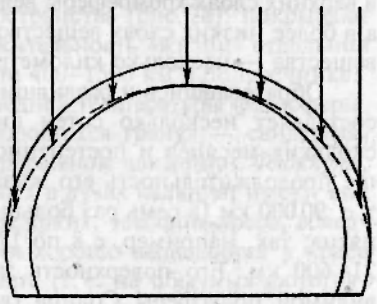


Рис. 26. Объяснение явления потемнения к краю диска Солнца. Штриховая линия определяет уровень, до которого проникает взор наблюдателя

Как всякий излучающий газ при достаточно большой толщине слоя, фотосфера дает непрерывный спектр, распределение энергии в нем соответствует температуре около 6000 К. На поверхности Солнца мы находим различные образования: *солнечные пятна*, иногда видимые даже невооруженным глазом (через плотный светофильтр!), *флоккулы* и *факелы* (более яркие, чем фотосфера) и *гранулы*, напоминающие разваренные рисовые зерна. У хорошо развившегося пятна заметна черная *тень* (или *ядро*), окруженная более светлой *полутенью* (рис. 27), в которой видны радиально расположенные светлые прожилки. По контрасту с ослепительно яркой фотосферой тень представляется очень темной, однако сами по себе пятна светят очень ярко, так как температура их достаточно высока: 4300–4700 К. Однажды наблюдалось пятно, имевшее температуру всего 3680 К. Температура полутени около 5500 К. Пятна

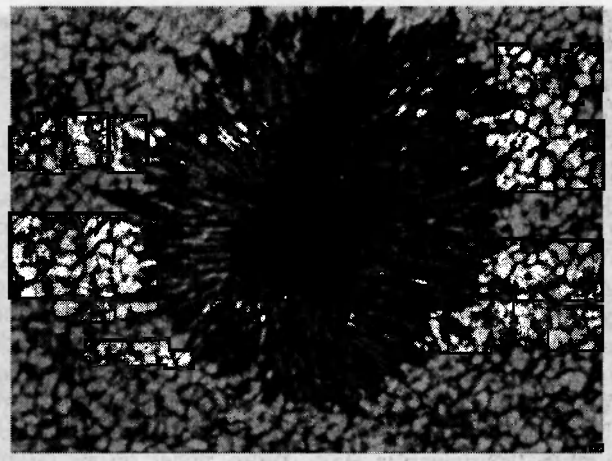


Рис. 27. Большое солнечное пятно с тенью и полутенью

горячее расплавленной стали и ярче кратера электрической дуги; они разнообразны по своей форме, но большей частью округлы. Классификация пятен дана в § 5.1.

Когда путем подробного изучения спектров деталей солнечных пятен были определены скорости и направления движения вещества в них, выяснилось, что в верхних слоях хромосферы вещество втекает по направлению к центру ядра пятна, а в более низких слоях вещество движется от ядра пятна. Скорости этого движения вещества — несколько километров в секунду.

Образовавшись и развившись из еле заметной поры, диаметр которой, однако, составляет несколько сотен километров, пятно «живет» от одного дня до нескольких месяцев и постепенно исчезает. Чем больше площадь пятна, тем больше продолжительность его жизни. Пятна часто достигают угловых размеров в 2′, т. е. 90 000 км (в семь раз больше диаметра Земли). Изредка появляются гигантские пятна; так, например, с 8 по 17 марта 1947 г. наблюдалось сложное пятно длиной 214 600 км. Его поверхность занимала немногим более 4000 миллионных долей видимой полусферы Солнца (в апреле достигла 6100 миллионных долей). Часто образуются пары и даже группы пятен.

Уже давно у солнечных пятен обнаружено сильное магнитное поле, что проявляется в так называемом *эффекте Зеемана* — расщеплении спектральных линий на три компонента. Напряженность магнитного поля пятен порядка 2000 эрстед, что в несколько тысяч раз превышает напряженность поля у магнитных полюсов Земли. Чем больше пятно, тем больше напряженность его поля, хотя общее магнитное поле Солнца невелико — в среднем порядка 1 Э, и состоит оно из отдельных ячеек с напряженностью на их границах 8–10 Э. В целом Солнце можно рассматривать как магнитно-переменную звезду.

Прохождение больших пятен или групп пятен через центральный меридиан Солнца зачастую сопровождается магнитными бурями на Земле. Пятна перемещаются от восточного края Солнца к западному, обнаруживая тем самым вращение Солнца вокруг его оси; одновременно они и сами несколько передвигаются по солнечной поверхности. Число пятен, а в особенности относительная величина покрываемой ими площади (т. е. доля площади всего полушария Солнца) являются характеристиками *солнечной активности*.

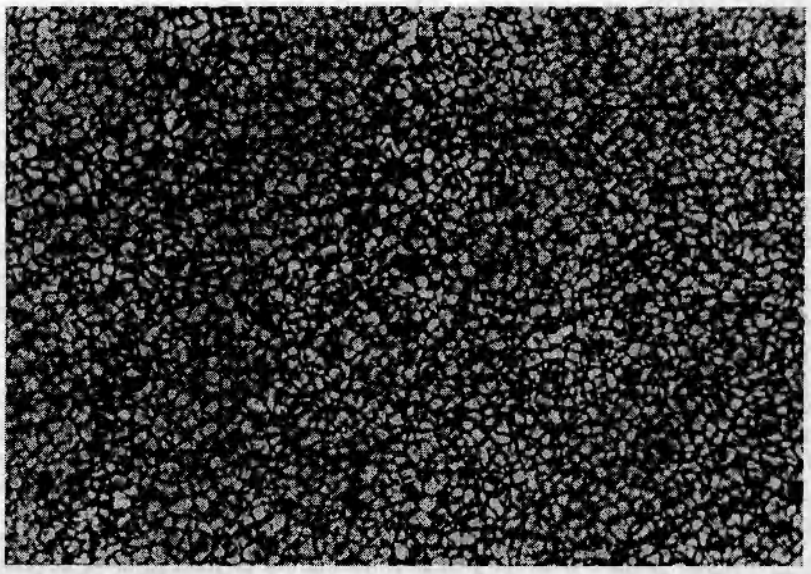


Рис. 28. Фотография солнечной грануляции

Гранулы — весьма нестойкие светлые образования овальной формы, выделяющиеся на фоне более темного межгранулярного пространства (рис. 28); покрывают всю фотосферу как бы сеткой (*грануляция*). Продолжительность «жизни» отдельной гранулы от 5 до 25 минут. Размеры гранул 0,5–2″ или 400–1500 км в поперечнике.

Температура гранул в среднем на 200 К выше средней температуры фотосферы, а их яркость на 30 % больше. Наличие быстро меняющихся гранул — свидетельство того, что вещество фотосферы находится в непрерывном движении. *Флоккулы*, которые заметны на спектрогелиограммах, полученных в лучах кальция, имеют вид волокон различной формы, примерно в 1,5 раза более ярких, чем фотосфера, вследствие их большей температуры (на 200–300 К). Они хорошо выделяются у краев солнечного диска, когда они заметны и в белом свете (т. е. на обычных фотографиях) — их называют *факелами*. Факелы находятся выше гранул и всегда окружают пятна, хотя могут наблюдаться и отдельно от них — перед образованием или после исчезновения пятен в этой области. Иногда они образуют *факельные поля*, покрывающие целые участки поверхности Солнца и хорошо заметные в лучах линии H_α на *спектрогелиограммах* или на снимках с монохроматическим *фильтром Лио*. Такие факельные поля видны порой в течение месяцев. Пятна, факелы и факельные поля являются областями повышенной солнечной активности и подчиняются закону 11-летней периодичности, а с учетом изменения полярности — 22-летней — «магнитный цикл Хейла» (см. ниже).

Наблюдениями движений солнечных пятен и спектральными наблюдениями других деталей поверхности Солнца установлено, что оно вращается вокруг своей оси не как твердое тело. Различные участки его поверхности движутся с различной скоростью. Наиболее быстрое вращение у экваториальной зоны: точки солнечного экватора совершают полный оборот за 25 суток. Скорость движения точки экватора Солнца равна 2 км/с. На гелиографической широте $B = 15°$ время полного оборота составляет $25{,}50^d$, на широте 30° — $26{,}53^d$, на широте 60° — $31{,}0^d$, а вблизи полюса около 33^d. Суточная угловая скорость вращения, определенная по солнечным

пятнам, описывается эмпирической формулой

$$\eta = 14{,}37^\circ - 2{,}60^\circ \sin^2 B,$$

где B — *гелиографическая широта*, отсчитываемая от экватора Солнца к его полюсам. Среднеее вращение Солнца устанавливается системой гелиографических координат (см. гл. 5, п. 1.1), которая вращается с периодом $25{,}38^d$. Это — *сидерический* период вращения Солнца (по отношению к звездам). *Синодический* период его вращения равен $27{,}35^d$.

В 1844 г. немецкий любитель астрономии аптекарь Г. Швабе обнаружил *периодичность* пятнообразовательной деятельности Солнца. В среднем за все время регистрации солнечных пятен каждые 11,13 года наступает максимум числа солнечных пятен. Наблюдались промежутки времени между максимумами от 7,3 до 17,1 года, иногда максимум длился около 3 лет. На рис. 29 показано (с учетом полярности пятен) изменение чисел Вольфа W (§ 5.1) в году с 1750 по 2000 гг. (табл. 23). Последний минимум солнечной деятельности пришелся на 1996 г., максимум — на 2000 г. Обнаружен также период около 90 лет (вековой цикл), с которым меняется средняя высота максимума (иначе говоря, мощность солнечной активности). Возможно, что существуют еще более длительные циклы (~400 лет).

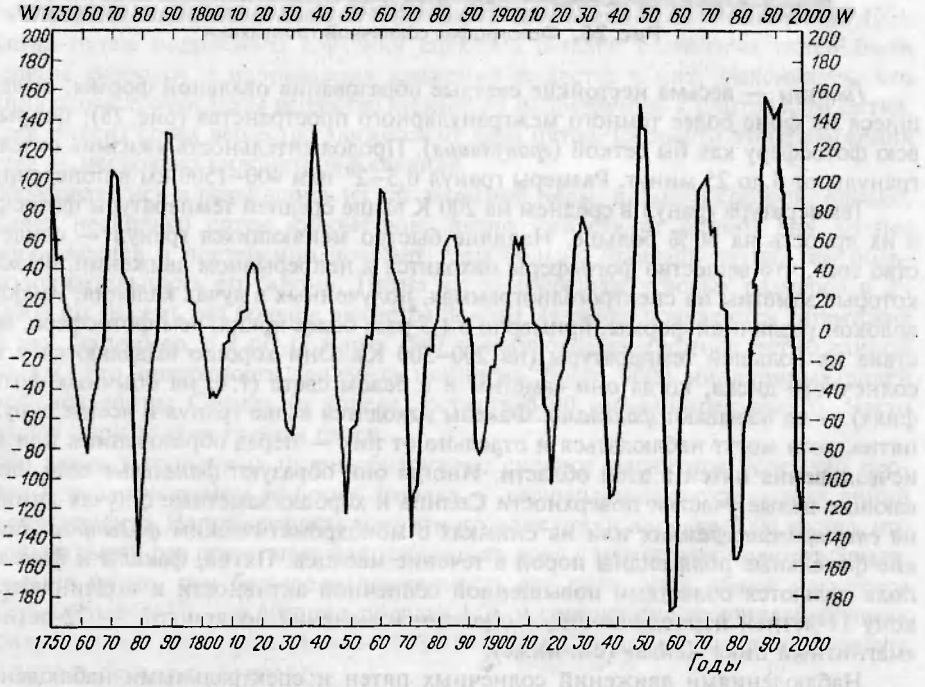


Рис. 29. Кривая солнечной активности и средние годовые числа Вольфа с 1750 по 2000 гг. с учетом их полярности (т. е. сообразно с магнитным циклом Хейла около 22 лет)

Давно замечено, что пятна появляются не на всей поверхности Солнца. В начале каждого нового цикла пятна появляются (часто парами) по обе стороны от экватора, на гелиографических широтах около ±35°. Иногда они появляются значительно дальше от солнечного экватора. Так, например, 13 августа 1953 г. пятно площадью

в 10 миллионных долей солнечной полусферы появилось на 52° северной гелиографической широты и держалось менее одного дня; 21–22 июня 1957 г. группа пятен появилась на широте +50°.

С течением времени пятна начинают появляться все ближе и ближе к экватору (*закон Шперера*), но редко ближе 5° от него, а ко времени минимума они исчезают. Наибольшее число пятен появляется близ широт ±16°. Работами М. Н. Гневышева, выполненными на Кисловодской горной солнечной станции Пулковской обсерватории, установлено, что в течение 11 лет развивается не один, а два максимума солнечной активности, отделенные двумя-тремя годами. Во время первого увеличивается число пятен на всех широтах, а во время второго — преимущественно в экваториальной зоне, и происходят особенно мощные вспышки. Наложение двух циклов дает постепенное уменьшение средней широты зоны пятнообразования. Это позволяет объяснить наблюдавшиеся особенности усиления ионосферных и магнитных явлений, что очень важно для долгосрочного прогнозирования погоды.

В каждом новом цикле пятна имеют определенную магнитную полярность. Например, в северном полушарии в каждой паре пятен впереди (по ходу вращения Солнца) располагается пятно с северным магнетизмом, а позади — с южным. В южном полушарии Солнца в этот период полярность пятен противоположная. В начале нового 11-летнего цикла пятна снова располагаются в полосе близ ±35° гелиографической широты, но теперь в северном полушарии впереди идет пятно с южным, а позади пятно с северным магнетизмом. Меняется полярность пятен и в южном полушарии Солнца. Таким образом, можно считать, что полный период изменений солнечной активности составляет около 22 лет (*цикл Хейла* или *магнитный цикл* — см. рис. 30).

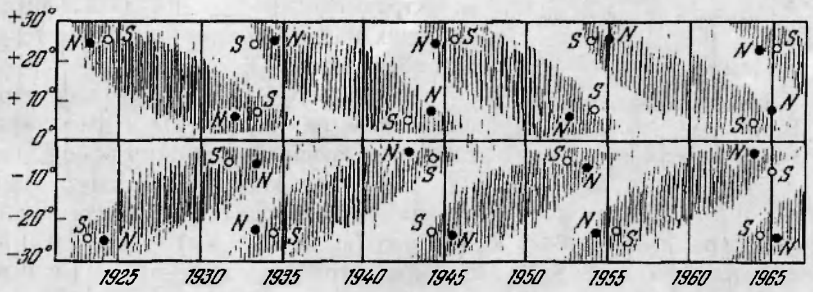


Рис. 30. «Бабочки Маундера» — изменение гелиографической широты солнечных пятен с течением времени и магнетизм солнечных пятен различных циклов. Направление вращения слева направо, т. е. в эпоху 1924–1935 гг. в северном полушарии Солнца головное пятно имело отрицательную (*S*) полярность

Солнце окружено раскаленной, светящейся, но весьма разреженной *атмосферой*. Даже в самом нижнем слое солнечной атмосферы газовое давление в тысячу раз меньше, чем атмосферное давление на поверхности Земли. Средняя плотность вещества в солнечной атмосфере (10^{-10} г/см^3) гораздо меньше, чем в земной.

Атмосферу Солнца условно делят на следующие слои, между которыми, однако, нет резких границ: обращающий слой, хромосферу и корону (рис. 31).

Обращающий слой (или верхние слои фотосферы) толщиной около 500 км содержит атомы большого числа химических элементов. О присутствии этих элементов мы судим по темным линиям (*линиям поглощения*) в спектре Солнца. В основном именно в обращающем слое происходит поглощение, рассеяние и переизлучение энергии

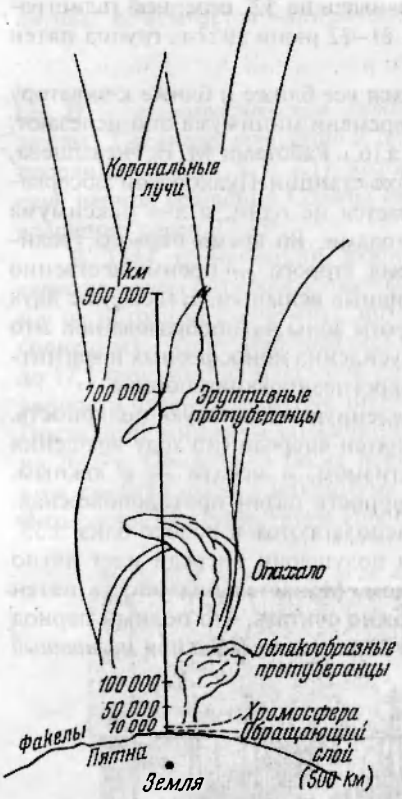


Рис. 31. Строение солнечной атмосферы (схематически). Для сравнения на диске Солнца показаны размеры Земли

во всех направлениях, вызывающее появление темных *фраунгоферовых линий*. Температура обращающего слоя около 5000 К. Резкой границы, как и резкого различия физических свойств, между фотосферой и обращающим слоем не существует. Фотосфера в основном определяет видимый резкий край солнечного диска, хотя и в ней происходят процессы, обусловливающие образование линий поглощения. В обращающем слое эти процессы преобладают. В последние десятилетия предпочитают говорить не об «обращающем слое», а просто о «верхних слоях фотосферы».

Хромосфера. Во время полных солнечных затмений в течение нескольких секунд можно видеть хромосферу и фотографировать ее спектр (рис. 32). Этот спектр состоит из одних ярких линий, присущих элементам, составляющим хромосферу, — темные линии спектра обращаются в яркие, а непрерывный спектр почти гаснет. Особенно интенсивны линии ионизованных кальция, водорода, гелия и магния. По изменению интенсивности различных ярких линий в течение нескольких секунд видимости «спектра вспышки» можно судить о физических условиях на тех высотах над фотосферой, где они образуются.

Хромосфера возвышается над обращающим слоем на $\sim$12 000 км и имеет ярко выраженный красный цвет, так как большая часть излучения приходится на красную эмиссионную линию водорода (H_α). Температура нижних слоев хромосферы до 5000–6000 К, верхних (выше 1500 км) — до 15 000 К. Еще выше, на отрезке всего в 5000 км температура возрастает почти до 1 млн К: хромосфера переходит в корону Солнца (см. ниже). «В профиль» (т. е. рассматриваемая у края Солнца) хромосфера представляется весьма изрезанной, она как бы

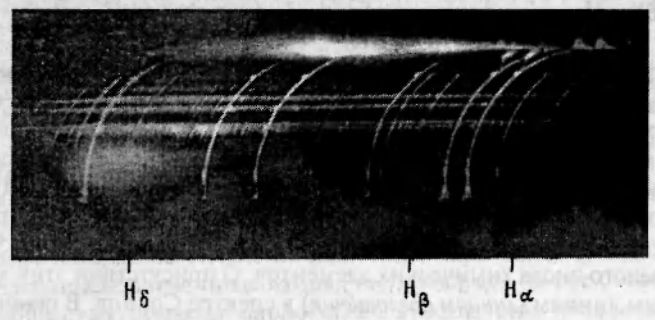


Рис. 32. Спектр вспышки

состоит из множества горящих травинок. Самые высокие из них, так называемые *спикулы*, возвышаются на несколько тысяч километров над средним уровнем хромосферы, имея ширину «основания» 600–1000 км. Время их существования до 3–5 минут. Спикулы, по-видимому, связаны с солнечной грануляцией. Их больше у полюсов, чем у экватора Солнца. Минимум появления спикул соответствует гелиографической широте около ±35°. Скорость выброса вещества спикул вверх несколько десятков километров в секунду. В телескоп, снабженный фильтром H_α, можно увидеть детали хромосферы.

Громадные выступы раскаленного светящегося вещества, хорошо видимые во время полных солнечных затмений, называются *протуберанцами*. Их можно наблюдать и вне затмений с помощью особых спектральных приборов (*протуберанц-спектроскопов*) или *интерференционно-поляризационных фильтров*, позволяющих выделить участки спектра, шириной в несколько ангстрем. Много ценных сведений о солнечных протуберанцах и их быстрых изменениях было получено путем кинематографирования. По виду протуберанца, по скорости и особенностям движения вещества в нем его можно отнести к одному из следующих классов.

Спокойные протуберанцы отличаются медленным движением и изменением формы; время существования — недели и даже месяцы; наблюдаются на всех гелиографических широтах (рис. 33), но вообще ближе к полюсам Солнца.

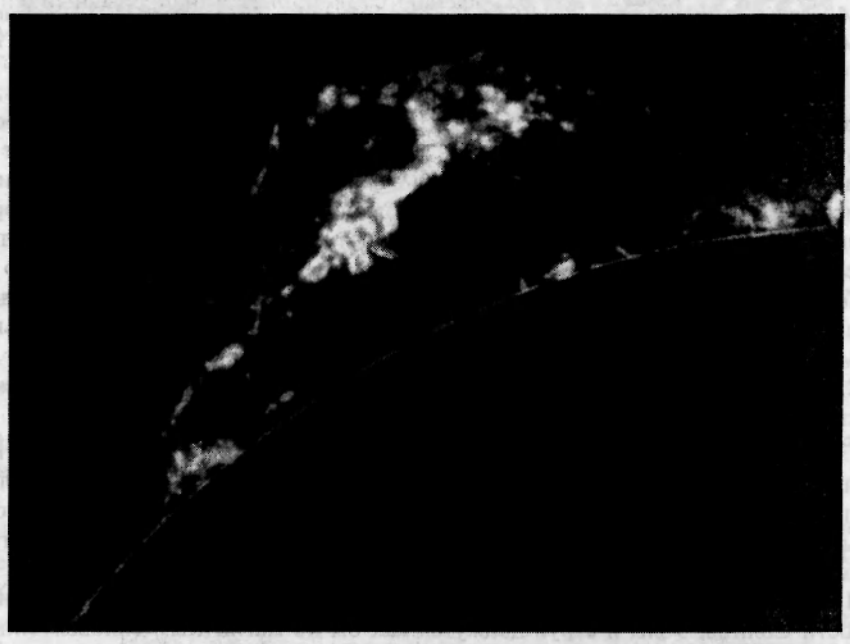


Рис. 33. Спокойный, или облакообразный протуберанец (тип II). Высота около 53 тыс. км. Фотография получена на Кисловодской горной солнечной станции с помощью коронографа, построенного по схеме Б. Лио

Активные протуберанцы характеризуются довольно быстрыми движениями потоков вещества от протуберанца к фотосфере, от одного протуберанца к другому.

Эруптивные, или изверженные, протуберанцы по виду напоминают громадные фонтаны, достигающие высот до 1,7 млн км над поверхностью Солнца. Движения

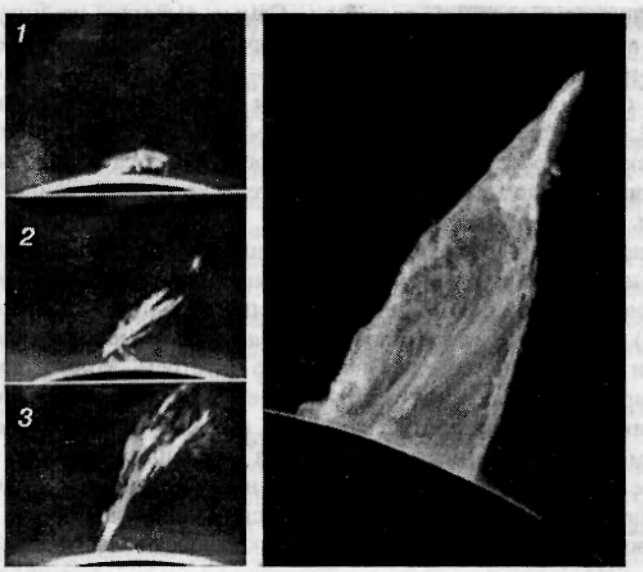


Рис. 34. Эруптивные протуберанцы. Слева — протуберанец 17 сентября 1937 г. (тип III): 1 — 14^h51^m, 2 — 15^h06^m, 3 — 15^h14^m. Справа — протуберанец, снятый 11 апреля 1957 г. И. Клепештой на коронографе Пражской народной обсерватории

сгустков вещества в них происходят быстро. Протуберанцы извергаются с громадными скоростями в сотни километров в секунду и довольно быстро меняют свои очертания. При увеличении высоты протуберанец слабеет и как бы рассеивается (рис. 34). В некоторых протуберанцах наблюдались резкие изменения скорости движения отдельных сгустков. Эруптивные протуберанцы существуют недолго — от нескольких минут до нескольких часов.

Корональные выбросы (протуберанцы) возникают над хромосферой в виде небольших облачков, сливающихся затем в одно облако, из которого отдельными струями вниз к хромосфере спускаются потоки светящегося вещества.

Следующая классификация протуберанцев, учитывающая характер движения вещества в них и форму протуберанцев, выработана в КрАО.

I тип (встречается редко) имеет форму облака или струи дыма, развитие начинается от основания — вещество протуберанца поднимается по спирали на большие высоты. Скорость движения вещества может достигать 700 км/с. На высоте около 100 тыс. км от протуберанца отделяются куски, падающие затем обратно по траекториям, напоминающим силовые линии магнитного поля.

II тип имеет форму искривленных струй, начинающихся и кончающихся на поверхности Солнца. Узлы и струи движутся как бы по магнитным силовым линиям. Скорости движения сгустков меняются от нескольких десятков километров в секунду до 100 км/с. На небольших высотах (несколько сотен тысяч километров) струи и сгустки угасают.

III тип имеет форму кустарника или дерева; достигает очень больших размеров. Движения сгустков (со скоростями до десятков километров в секунду) имеют характер неупорядоченных движений.

На фотографии, снятой в лучах спектральной линии водорода H_α или линии кальция (такие снимки называются *спектрогелиограммами*), можно увидеть

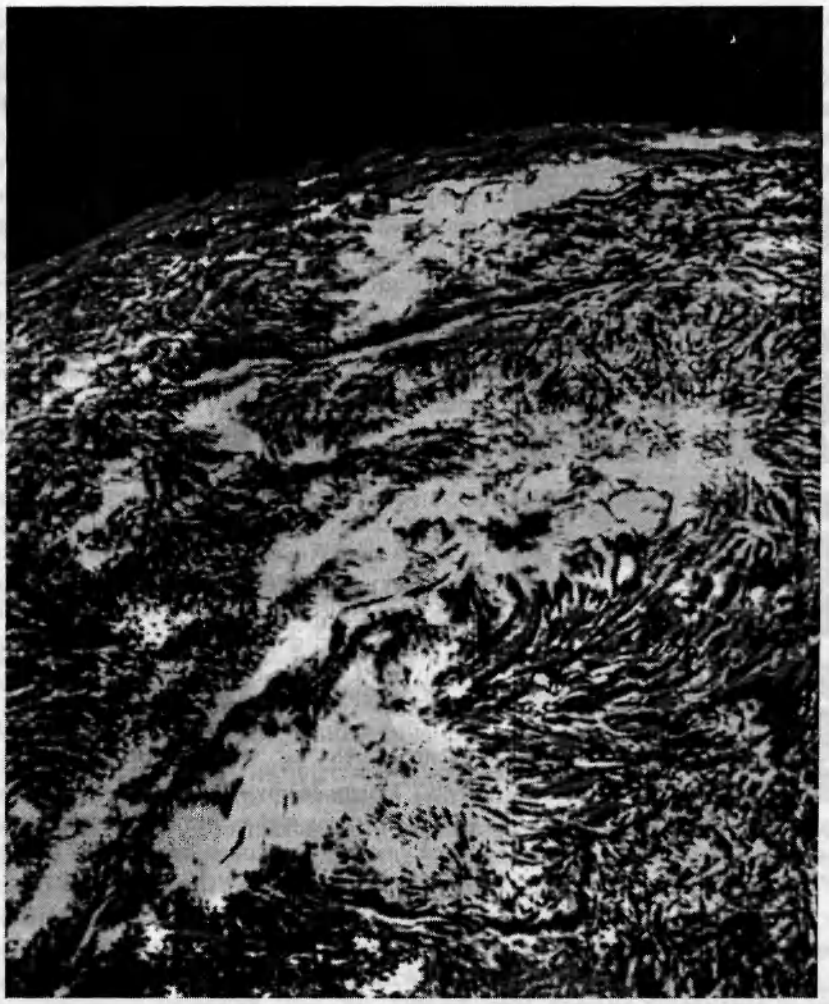


Рис. 35. Спектрогелиограмма в лучах линии H_α (656,3 нм) водорода. Видны яркие флоккулы и темные волокна

протуберанец в виде темного волокна на фоне яркого солнечного диска (рис. 35). Температура спокойных протуберанцев 5000—7000 К, активных — до 25 000 К.

Химический состав протуберанцев соответствует составу обращающего слоя, однако физические условия в них таковы, что в спектре спокойных протуберанцев преобладают линии водорода и однажды ионизованного кальция; в протуберанцах, связанных с солнечными пятнами (такова большая часть изверженных), выделяются также линии различных металлов.

Полной теории, объясняющей разнообразные явления, связанные с солнечными протуберанцами, еще нет. Несомненно, что тут играют большую роль электрические и магнитные силы. Переходная область между хромосферой и короной исследуется с борта ИСЗ. Эти исследования расширили область спектра, доступную изучению, на семь октав, тогда как видимый спектр обнимает собой едва одну октаву.

Корона представляет собой самые внешние слои солнечной атмосферы, простирающиеся иногда на расстояние до нескольких радиусов Солнца от его поверхности и имеющие очень малую плотность [13]. Самые внешние части короны, состоящие из облаков ионизованного газа, простираются до 30–40 радиусов Солнца. В годы максимумов солнечной активности эта «*сверхкорона*» прослеживается еще дальше.

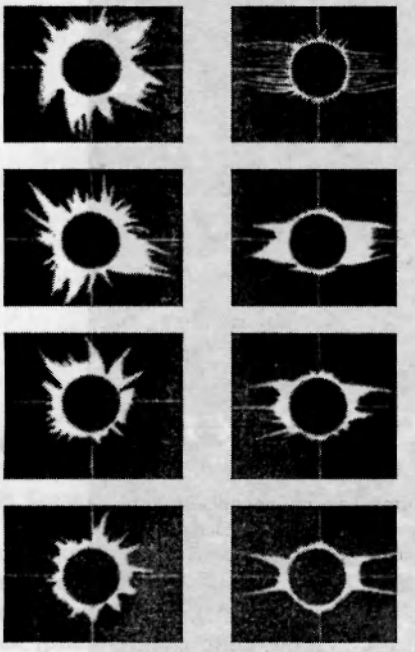


Рис. 36. Схема форм солнечной короны во время максимумов (слева) и минимумов солнечной активности

Яркость короны всего $\sim 10^{-6}$ яркости фотосферы и очень быстро падает с увеличением расстояния от видимого края (*лимба*) солнечного диска: в 10^3 раз на расстоянии около $2R_\odot$. Лишь во время полных солнечных затмений корона ясно видна как лучистое сияние нежного желтовато-серебристого цвета и характерна прямыми и изогнутыми корональными лучами и опахалами (или арками). Лучи идут в радиальных направлениях, а опахала как бы стягивают дугами различные точки края солнечного диска.

Корона состоит из чрезвычайно разреженной плазмы, т. е. ионов (в первую очередь H и He) и свободных электронов. По виду спектра в солнечной короне различают три компонента: E, K и F. Внутренняя E-корона прослеживается во время полных солнечных затмений до двух радиусов Солнца от его центра, — она характеризуется наличием в спектре линий высокоионизованных элементов (C VI, O VII–VIII, Fe VIII–XVI, Fe XXV, Si VII–XIII, Ne IX–X и др.). Среди 26 ярких (эмиссионных) линий короны, которых нет в спектре хромосферы, имеются ультрафиолетовая линия 3388 Å (Fe XIII), зеленая 5303 Å (Fe XIV), красные 6374 Å (Fe X) и 7892 Å (Fe XI) и инфракрасные линии 10 747 и 10 798 Å (Fe XIII). Долгое время корональные линии представляли собой загадку. Их даже приписывали особому элементу — «коронию». Однако теперь доказано, что корональные линии спектра Солнца — это «запрещенные» линии многократно ионизованных (до 15 раз!) атомов железа, аргона, никеля и кальция и некоторых других элементов, что свидетельствует о температуре короны 1–2 млн K [14]. Впрочем, температура в разных местах короны весьма различна и в отдельных областях может быть еще в несколько раз больше. Такая высокая температура внутренней короны подтверждается также наблюдениями радиоизлучения Солнца. Поляризация света короны K (до высоты 200 000 км над фотосферой), достигающая 50 % на рассеянии $0{,}5R_\odot$ от края диска, свидетельствует о том, что рассеяние света

[13] Во внутренней короне плотность составляет 10^{-15}–10^{-17} г/см^3 и убывает с удалением от Солнца. В № 5 «ЗиВ» за 1991 г. помещена статья Сержа Кучми (Парижский астрофизический институт), содержащая историю наблюдений полных солнечных затмений в стратосфере; во время этих наблюдений на высотах до 13–17 км были получены фотографии и спектрограммы короны.

[14] Столь высокие температуры разреженной среды далеко выходят за обычные представления о тепле и холоде. Как известно, в физике температура газовой среды определяется тепловыми скоростями беспорядочного движения частиц, образующих среду (так называемая *кинетическая температура*). Указанная температура короны в миллион кельвинов и является ее кинетической температурой.

фотосферы происходит на свободных электронах, которые являются продуктом ионизации вещества короны (кроме перечисленных имеются следующие ионы: Ni XII, Ni XIII, Ni XV, Ni XVI, Ca XII, Ca XV, Ar X и другие). Рис. 37 дает представление об относительной интенсивности (в логарифмическом масштабе!) солнечного диска, ореола (небо с дымкой), чистого неба, неба в середине полного солнечного затмения, а также E, K и F-компонентов короны.

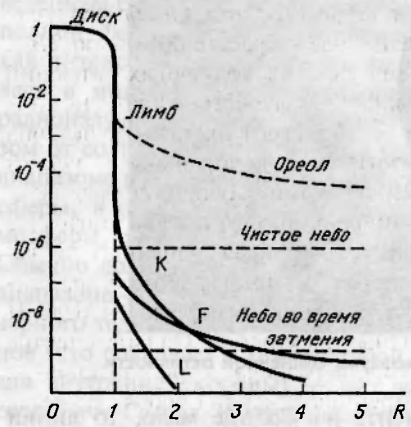


Рис. 37. Интенсивность излучения в окрестности солнечного диска

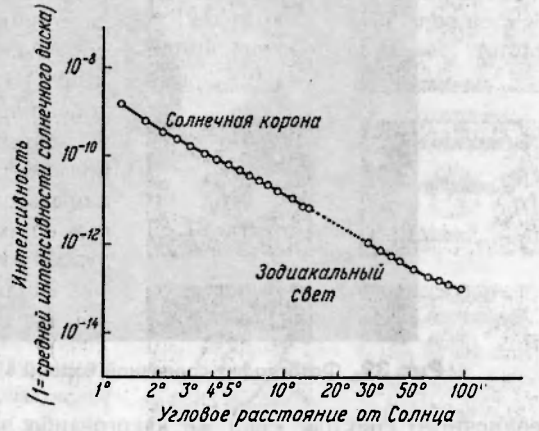


Рис. 38. Интенсивность солнечной короны и зодиакального света, выраженная в единицах интенсивности солнечного диска

Внешняя корона дает в основном отраженный солнечный спектр. Между внутренней и внешней короной нет резкой границы. Сопоставление спектров и исследование уменьшения интенсивности солнечной короны с расстоянием от края Солнца (рис. 38) показали, что внешняя корона и *зодиакальный свет* имеют одну и ту же пылевую составляющую.

Лишь в 1930 г. научились фотографировать внутреннюю корону вне затмения с помощью особого *внезатменного коронографа*, изобретенного французским астрономом Б. Лио. Однако наилучшие снимки короны получены все же во время полных солнечных затмений (рис. 39). Общий свет короны составляет примерно одну миллионную долю света Солнца или половину света полной Луны.

Солнечная корона меняет свою форму, размеры, интенсивность и расположение лучей в зависимости от фазы солнечного цикла, т. е. от степени солнечной активности (рис. 36). При минимуме пятен корона слаба, лучи видны только в экваториальной области. При максимуме пятен яркие лучи видны во все стороны от диска Солнца, иногда тянутся на расстояния в 15–20 радиусов самого Солнца. При наблюдении с воздушного шара полного солнечного затмения были отмечены лучи до расстояния в 50 $R_\odot$!

Из более 100 химических элементов, известных в настоящее время на Земле, спектральным путем на Солнце открыто 72, в том числе, по-видимому, дейтерий и радиоактивный элемент торий. Тринадцать элементов дают в видимой области солнечного спектра сотни и даже тысячи линий (так, например, железо Fe — 3288 линий, титан Ti — 1085, хром Cr — 1028, кобальт Co — 785 линий и т. д.). Отсутствие линий остальных химических элементов не говорит об отсутствии этих элементов на Солнце вообще; они могут давать линии в недоступной пока наблюдению части

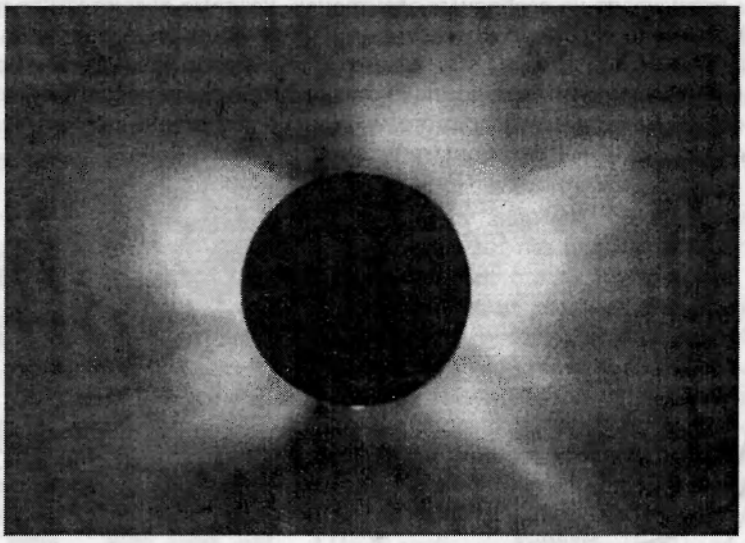


Рис. 39. Фотография солнечной короны в максимуме солнечной активности

солнечного спектра. Если же какого-либо элемента на Солнце мало, то линии в спектре будут совсем незаметны. Всего от ~300 нм до 1350 нм зарегистрировано около 26 000 линий спектра. Заметим, что сотни слабых линий в спектре Солнца еще не отождествлены.

В табл. 22 приведено относительное содержание ряда химических элементов в солнечной атмосфере. Солнце на 74 % по массе состоит из водорода и на 24 % из гелия. На все остальные элементы приходится менее 2 %. Кроме линий, соответствующих излучению (и поглощению) атомов различных элементов, в спектре Солнца присутствуют молекулярные линии поглощения, соответствующие следующим двухатомным молекулам: CN, C_2, CH, NH, OH, CaH, MgH, AlH, SiH, H_2, SiF, BO, AlO, TiO, FeO, ZrO, OH и некоторые другие.

Явления, протекающие во внешних слоях и в атмосфере Солнца, не имеют пока полного объяснения. Такова, например, 11-летняя (точнее, 22-летняя) периодичность солнечной активности, проявляющаяся в образовании пятен, факелов и факельных полей, протуберанцев и в изменении формы солнечной короны. Загадочной является также перемена знака магнитных полей пятен при появлении пятен нового солнечного цикла. Не имеет объяснения и постепенное уменьшение гелиографической широты появления пятен в течение одного цикла.

Помимо обычного излучения, исходящего от Солнца, открыты потоки заряженных частиц, главным образом протонов и электронов, которые на расстоянии Земли имеют скорость в среднем 400 км/с. Этот «*солнечный ветер*» порождается корональной плазмой. В последнее время выяснено, что он возникает не в *корональных лучах*, а в так называемых «корональных дырах», где свечение самой короны минимально.

При температуре в центре Солнца, которая оценивается в 15 млн кельвинов, создаются условия для образования нейтрино — частиц, которые, двигаясь почти со скоростью света, могут свободно (т. е. без поглощения) проходить сквозь толщу, эквивалентную миллиарду таких тел, как Земля; 80 млрд солнечных нейтрино проходят каждую секунду через квадратный сантиметр земной поверхности. Солнце теряет в форме нейтрино энергию, которая, вероятно, соответствует 5 % его энергии

свечения. У звезд с более высокой центральной температурой поток нейтрино должен быть еще больше. Однако очень точные эксперименты по улавливанию солнечных нейтрино пока не подтвердили предсказанного потока. Либо температура в ядре Солнца не достигает $15 \cdot 10^6$ К, либо теория ядерных реакций нуждается в ревизии, либо свойства нейтрино сложнее, чем это представлялось ранее.

В 1942 г. обнаружено интенсивное радиоизлучение Солнца. Наблюдения, произведенные советской экспедицией в Бразилии 20 мая 1947 г., показали, что во время полной фазы затмения интенсивность радиоизлучения упала лишь вдвое, тогда как интенсивность общего излучения уменьшилась в миллион раз. Это говорит о том, что радиоизлучение Солнца исходит главным образом от солнечной атмосферы: в миллиметровом диапазоне радиоволн — от верхних слоев фотосферы, в сантиметровом диапазоне — от хромосферы, в метровом — от короны (рис. 40). Обычно солнечное радиоизлучение в метровом диапазоне соответствует излучению абсолютно черного тела с температурой в миллион кельвинов (что совпадает с температурой, полученной для внутренней короны) — это *радиоизлучение спокойного Солнца*. Иногда наблюдаются вспышки, соответствующие температуре в несколько сотен миллионов кельвинов — *радиоизлучение возмущенного Солнца*.

Рис. 40. Схематическое представление об уровнях возникновения радиоизлучения различных диапазонов волн на Солнце

Таким образом, интенсивность радиоизлучения Солнца непосредственно связана с процессами солнечной активности. Особое влияние на геофизические процессы и на биофизические явления оказывают *протонные вспышки*, сопровождающиеся направленными потоками плазмы и частиц высоких энергий возникновением солнечных космических лучей, а также непрерывное истечение разреженной плазмы в межпланетное пространство (солнечный ветер).

Эти процессы отражаются на Земле в виде магнитных возмущений и бурь, полярных сияний и других электрических явлений в земной атмосфере, которые приводят к нарушению радиосвязи, а иногда даже и телеграфной связи. Нарушения радиосвязи на коротких волнах бывают связаны и с внезапно возникающими *солнечными вспышками* (рис. 41), которые вызывают резкое увеличение потока коротковолнового ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца, а также его корпускулярного излучения (солнечный ветер резко усиливается, скорости заряженных частиц достигают 1000 км/с и даже больше).

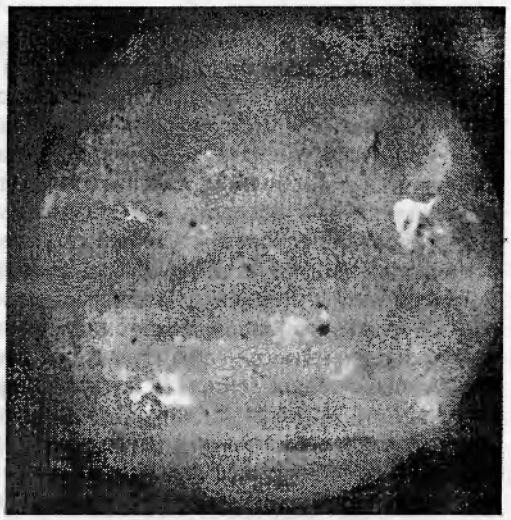


Рис. 41. Хромосферная вспышка (справа)

Так, например, 2 сентября 1967 г. в течение двух часов почти совсем прекратилась радиосвязь на всей Земле из-за яркой вспышки на Солнце.

Вспышки обычно появляются в центрах солнечной активности, например, в группе пятен, иногда между двумя пятнами, составляющими магнитную пару, и проявляют себя резкими повышениями яркости. Так, например, 23 февраля 1956 г. наблюдалась область повышенной активности, породившая ряд эруптивных протуберанцев и вспышку, энергия которой соответствовала взрыву миллиона водородных бомб! 20 января 1957 г. произошла интенсивная вспышка, которая через 26 часов вызвала на Землю сильную магнитную бурю, полярное сияние, перебои в телефонной связи и т. д.

Связь солнечных явлений с земными сказывается не только в электрических и магнитных свойствах атмосферы, но и вообще в процессах, определяющих погоду и климат на Земле. Проблема «Солнце—Земля» изучается сетью специальных геофизических обсерваторий и Служб Солнца, которым могут оказать помощь и любительские наблюдения.

Вспышки на Солнце представляют собой самое мощное из всех проявлений солнечной активности. Энергия большой вспышки достигает $\sim 10^{25}$ Дж, что приблизительно в сто раз превышает тепловую энергию, которую можно было бы получить при сжигании всех запасов нефти и угля на Земле. Эта гигантская энергия выделяется на Солнце за несколько минут и соответствует средней за этот период мощности $\sim 10^{22}$ Вт. В отдельные моменты времени, в частности во время импульсной (или взрывной) фазы развития, мощность может быть еще в несколько раз больше. Однако, как легко заметить, мощность вспышки не превышает сотых долей процента от мощности полного излучения Солнца ($4 \cdot 10^{26}$ Вт). Поэтому при вспышке не происходит заметного увеличения светимости Солнца, как это бывает у *вспыхивающих звезд*. С чем же связан столь большой интерес к солнечным вспышкам?

Раньше солнечные вспышки наблюдались в основном как значительные увеличения яркости участков поверхности Солнце в свете хромосферных линий. Поэтому на протяжении многих лет широко использовался термин *хромосферная вспышка*, который, однако, не соответствует сущности этого интереснейшего явления в атмосфере Солнца.

Характерная особенность солнечной вспышки состоит в том, что основная часть ее энергии выделяется в виде кинетической энергии выбросов вещества, движущихся в короне и межпланетном пространстве со скоростями до 1000 км/с, энергии жесткого электромагнитного излучения и потоков ускоренных до высоких энергий (иногда десятки ГэВ) частиц. Излучение вспышек наблюдается в широком диапазоне — от километровых радиоволн до жестких гамма-лучей с помощью наземных, спутниковых и межпланетных обсерваторий. Одновременно осуществляется непосредственное детектирование ускоренных во вспышках электронов, протонов, ядер и ионов более тяжелых элементов, а также выбрасываемой в межпланетное простанство плазмы. Регистрируются вторичные ионосферные и геомагнитные эффекты.

Современные наблюдения с помощью рентгеновских телескопов на спутниках однозначно демонстрируют, что главный вспышечный процесс происходит в короне и обусловлен накоплением и последующим быстрым выделением так называемой «свободной» магнитной энергии, т. е. энергии, избыточной по сравнению с энергией потенциального магнитного поля, имеющего источники (солнечные пятна, фоновые поля) в фотосфере. Иными словами, свободная энергия обусловлена электрическими токами, текущими в атмосфере Солнца над фотосферой, а процесс вспышки представляет собой быстрое превращение магнитной энергии этих токов в кинетическую энергию частиц. Обычно такой процесс сопровождается изменением

топологической связности магнитных силовых линий, которое называется магнитным пересоединением.

§ 1.5. Солнечная система

Солнечная система включает центральное светило — Солнце, девять больших планет, многочисленные спутники семи больших планет (их открыто уже более 70), множество малых планет — астероидов, из которых у примерно 40 000 диаметры больше 1 км [15], около 70 известных короткопериодических комет и значительно большее число комет с периодами обращения в сотни лет [16], свыше 50 метеорных роев (но их, вероятно, много больше), пылеобразное вещество, образующее

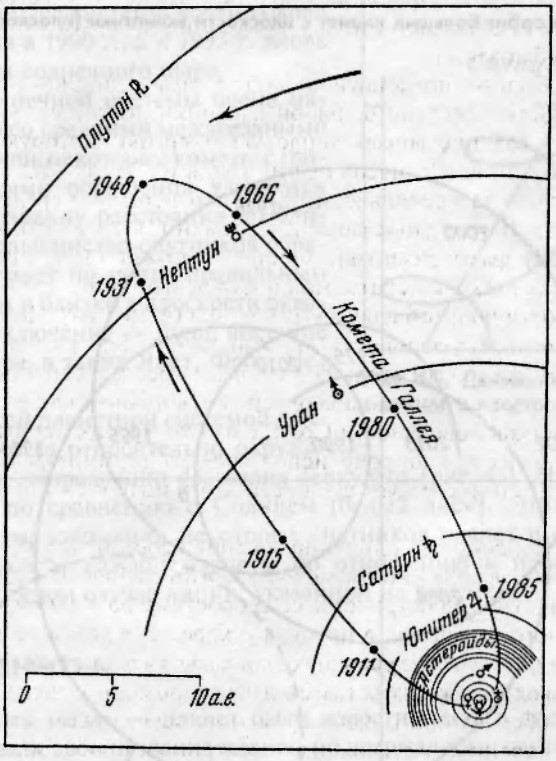


Рис. 42. План Солнечной системы

зодиакальный свет и противосияние и некоторое количество рассеянного в межпланетном пространстве метеорного вещества (метеорных тел различного размера вплоть до микрометеоритов или метеорной пыли). Кроме того, между Землей и Солнцем обнаружен нейтральный водород в количестве $3 \cdot 10^{12}$ атомов/см^3. Размеры Солнечной системы, если их определять большой осью орбиты самой далекой

[15] Около 20 тыс. из них уже имеют надежно определенные орбиты.

[16] Сохранились сведения об открытии и наблюдении более 500 комет. Их общее число оценивается несколькими миллиардами. Кеплер писал, что комет «как рыб в океане».

из известных планет — Плутона, около $12 \cdot 10^9$ км (~80 а. е.). Окружающее Солнце «Облако Оорта» занимает сферу с поперечником $(3–6) \cdot 10^{19}$ км, или 200–300 тыс. а. е.

Часть общего плана Солнечной системы (с соблюдением масштаба) показана на рис. 42, где наряду с орбитами планет нанесена также орбита периодической

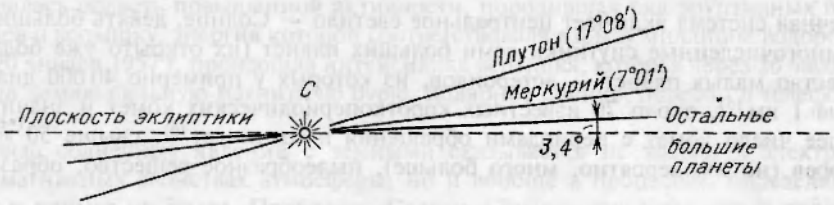


Рис. 43. Наклоны орбит больших планет к плоскости эклиптики (плоскости земной орбиты)

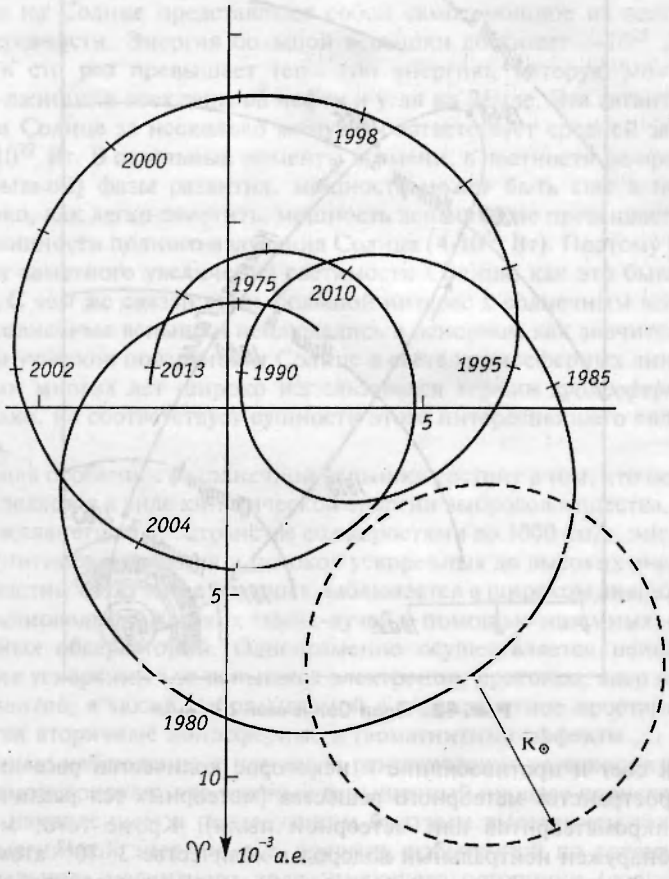


Рис. 44. Движение центра Солнца относительно центра масс Солнечной системы с 1975 по 2013 гг. Пунктирный круг — положение Солнца в 1982 г. Центр масс в начале координат; стрелка вниз указывает направление на точку весеннего равноденствия в 1950 году

кометы Галлея. На рис. 43 показаны наклоны орбит больших планет к плоскости эклиптики. Все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении. В том же направлении происходит вращение всех планет (кроме Урана и Венеры). Большинство спутников обращается в том же направлении.

Масса всей Солнечной системы $1{,}994 \cdot 10^{30}$ кг, из которых на долю Солнца приходится 99,87 %. Масса Солнца в 750 раз больше массы всех остальных тел Солнечной системы. Однако, строго говоря, обращение планет совершается не вокруг Солнца, а вокруг общего центра масс всей Солнечной системы, по отношению к которому само Солнце описывает сложную кривую, показанную на рис. 44. Центр масс системы почти совпал с центром Солнца в 1990 г., а к 1995 г. вновь вышел за пределы солнечного шара.

Размеры Солнечной системы очень малы по сравнению со средними межзвездными расстояниями. Лишь некоторые кометы с громадными периодами обращения удаляются от Солнца на половину расстояния до ближайших звезд. Большинство спутников обращается вокруг планет по почти правильным круговым орбитам и близко к плоскости экватора планеты (исключение — Луна, внешние спутники Юпитера, а также Япет, Феба, Нереида и Тритон).

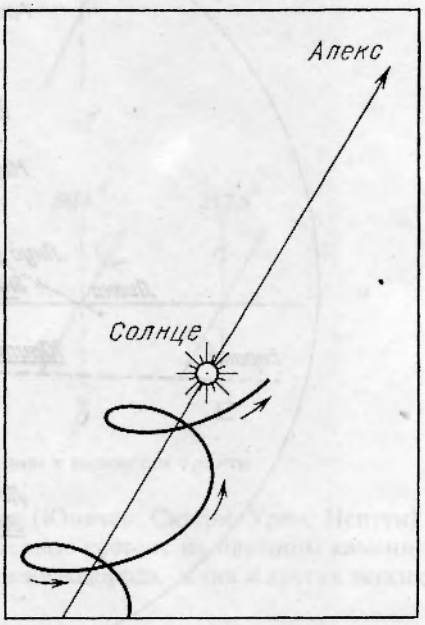


Рис. 45. Движение Солнца с Солнечной системой в пространстве (схематически)

Солнце со всей планетной системой движется в пространстве относительно окружающих его звезд в направлении созвездия Геркулеса (рис. 45). На рис. 46 показаны размеры планет по сравнению с Солнцем (белый диск). Этот же рисунок дает представление о расположении некоторых спутников планет и о положении экваториальной плоскости каждой планеты по отношению к плоскости эклиптики, параллельной в каждом случае линии, указанной на рисунке.

§ 1.6. Планеты

Пять «блуждающих звезд» — планет были известны еще в древности; у каждого народа существовали свои названия планет, но удержались названия, данные римлянами: Меркурий, Марс, Венера [17], Юпитер и Сатурн [18]. Уран был открыт случайно в 1781 г. В. Гершелем, Нептун — в 1846 г. Галле (по указаниям Леверье, который

[17] У древних греков для Венеры существовало два названия: Фосфорос и Гесперис, соответствующие утренней и вечерней видимости планеты.

[18] Латинские названия планет общеупотребительны, однако при образовании прилагательных с греческими корнями (например, *графио* — пишу, описываю) используются греческие названия планет. Отсюда — гелиографический (Гелиос — Солнце), география (Гея — Земля); селенология, селенографический (Селена — Луна), гермология, гермографический (Гермес — Меркурий), ареология, ареографический (Арей или Арес — Марс), зенографический (зено — родит. падеж греческого названия Зевс), кронографический (Кронос — Сатурн); посейдонология (Посейдон — Нептун). Иногда употребляют йовиграфические координаты (Йовис — родительный падеж от латинского «Юпитер»).

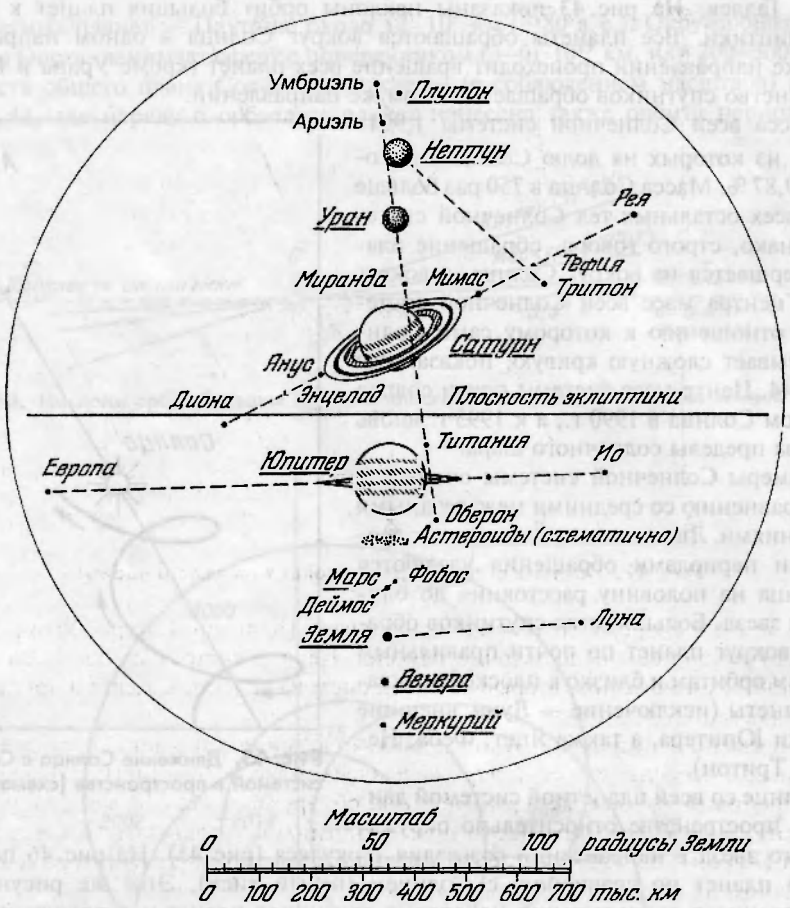


Рис. 46. Размеры планет по сравнению с Солнцем и расположение некоторых спутников (расстояния и наклоны плоскостей их орбит)

вычислил орбиту и положение на небе Нептуна по возмущениям в движении Урана). Плутон открыт в 1930 г. К. Томбо после многолетних поисков, основанных на теоретических расчетах П. Ловелла (США) и его учеников. Во время полных солнечных затмений неоднократно, но тщетно разыскивали «интермеркуриальную планету», для которой даже придумали название — Вулкан. Велись также поиски планеты, расположенной за орбитой Плутона. Данные о членах Солнечной системы собраны в табл. 25–33.

Планеты — темные тела сферической или почти сферической формы, обращающиеся вокруг Солнца. Почти круговые их орбиты ($e < 0{,}25$) лежат близко к плоскости эклиптики, от которой значительно отклоняются лишь орбиты Меркурия (на 7°) и Плутона (на 17°). Наклон оси вращения к плоскости орбиты каждой планеты показан на рис. 47. Венера, Уран и Плутон имеют обратное вращение (угол наклона больше 90°).

По многим характеристикам — размерам, строению, составу и особенностям атмосферы — планеты делятся на две группы: группу планет земного типа (Меркурий,

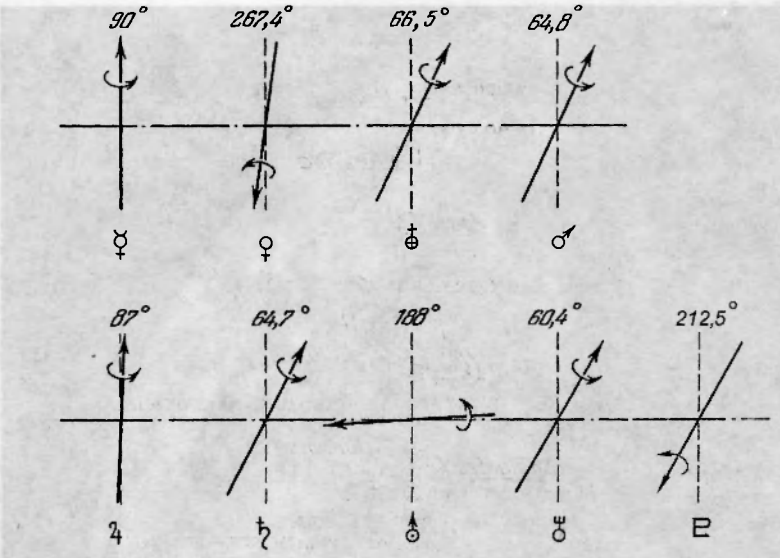


Рис. 47. Наклоны осей вращения планет к плоскости орбиты

Венера, Земля и Марс) и группу планет-гигантов (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун). Природа Плутона еще недостаточно изучена. Первые состоят из плотного каменистого вещества и металлов; вторые — в основном из водорода, гелия и других легких веществ (метан CH_4, аммиак NH_3).

Со времени 4-го издания «Справочника» сведения о планетах существенно пополнились, в особенности благодаря космическим исследованиям: уточнены периоды вращения Меркурия, Венеры, Нептуна, обнаружены кольцевые горы на Марсе, Меркурии, Венере, открыто много новых спутников у планет-гигантов и спутник Плутона (Харон). За последние годы открыты кольца Урана, Юпитера и Нептуна; о возможном их существовании еще в 1960 г. писал С. К. Всехсвятский.

Данные о физических характеристиках планет и их орбитах помещены в табл. 25–27, а данные о спутниках планет в табл. 28 и 29. Данные о названиях деталей планет и их спутников см. в книгах Г. А. Бурба.

1.6.1. Меркурий

Период вращения Меркурия равен $58{,}646^d$. При этом солнечные сутки на Меркурии в точности равны трем меркурианским звездным суткам. В перигелии движение Меркурия по орбите совершается быстрее, чем его вращение. В эту пору для наблюдателя на Меркурии Солнце пятится назад, чтобы дня через четыре вновь продолжать прямое движение. Ось вращения планеты почти перпендикулярна к ее орбите. Новые оптические и радиолокационные измерения дают диаметр Меркурия 4880 ± 2 км. Температура поверхности в подсолнечной точке достигает 700 К. Температура ночной стороны около 90 К. По фотометрическим и поляриметрическим наблюдениям степень изрытости поверхности Меркурия столь же велика, как и у Луны, если не больше. Рис. 48 показывает их сходство. Сферическое альбедо Меркурия равно 0,058. В прошлом веке Скиапарелли, а в начале нашего века Антониади изучали еле заметные пятна на поверхности Меркурия и пытались составить карту планеты. Космические наблюдения позволили составить карту

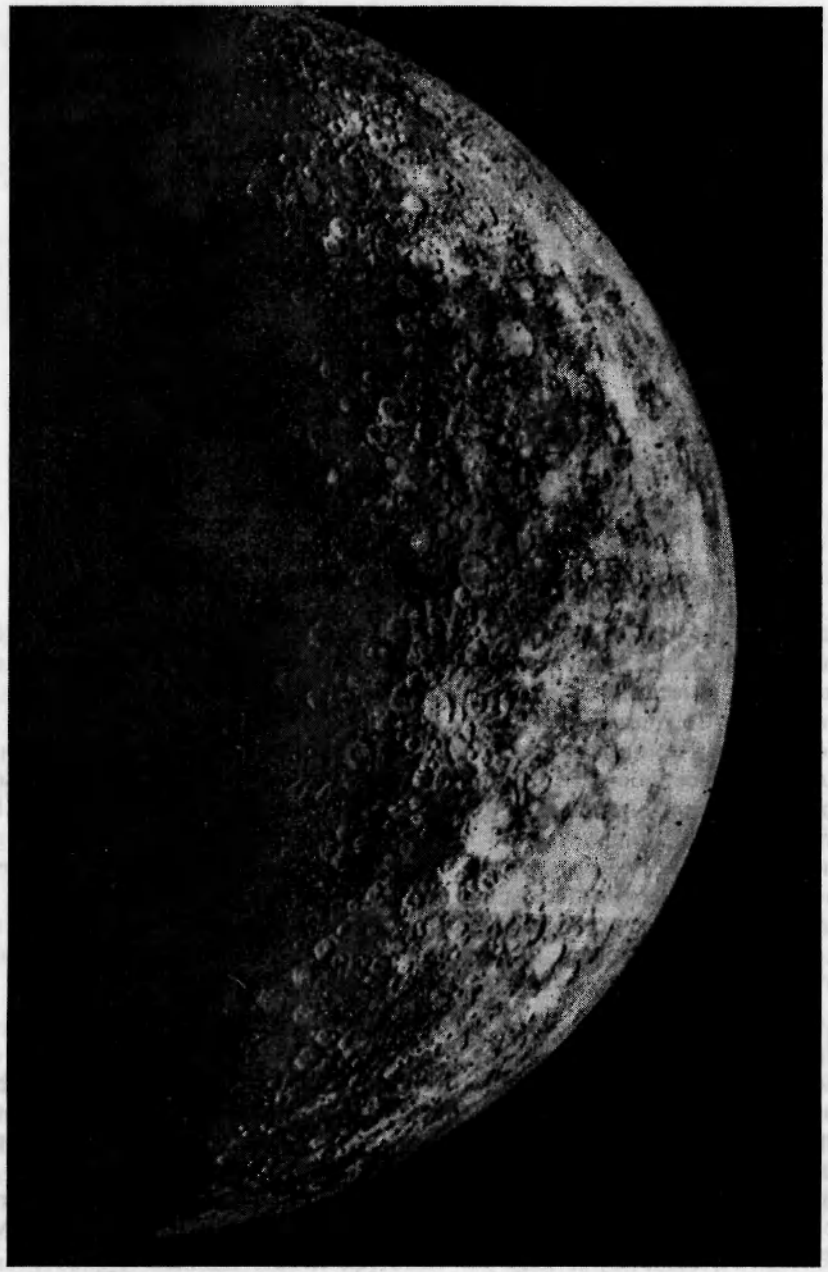


Рис. 48. Меркурий. Снимок передан АМС «Маринер-10»

половины поверхности планеты; 30 марта 1974 г. «Маринер-10» обнаружил кратеры от 800 м до 120 км и более в диаметре, а также длинные узкие долины. Вторая космическая скорость у поверхности Меркурия всего 4,3 км/с. У Меркурия есть крайне разреженная атмосфера, содержащая атомы натрия, гелия, кислорода, калия

и водорода, вероятно, испаряющиеся с поверхности планеты при ее бомбардировке частицами солнечного ветра и метеоритами. При своей малой массе (0,05 массы Земли) и высокой температуре обращенной к Солнцу стороны поверхности он не в состоянии удержать заметной газовой оболочки: давление газов у поверхности Меркурия около $2 \cdot 10^{-13}$ атм.

Комиссия МАС по обозначениям деталей астрономических тел приняла решение кратеры на Меркурии называть именами художников, писателей, композиторов. Уже есть на Меркурии кратеры Толстой, Бальзак, Софокл, Лермонтов, Пушкин, Бах, Бетховен, Репин, Ван-Гог и др. Горные цепи и каньоны получили названия знаменитых кораблей и научных станций: Санта-Мария, Фрам, Кон-Тики, Персей, Мирный, Восток и др. Большой интерес представляют наблюдения прохождения Меркурия по диску Солнца, которые происходят через 7 и 13 лет, а иногда через 33 года. Ближайшее произойдет 7 мая 2003 г.

1.6.2. Венера

Венера по своим размерам и массе похожа на Землю. Она имеет атмосферу, впервые открытую М. В. Ломоносовым в 1761 г. во время прохождения планеты по диску Солнца. Ближайшие прохождения Венеры по диску Солнца (они чередуются через 8 и 235 лет) произойдут 8 июля 2004 г. и 5 июня 2012 г. Планета окутана густым слоем белых облаков, скрывающих ее поверхность. Наличие в атмосфере Венеры густых облаков, вероятно, состоящих из концентрированного водного раствора серной кислоты, объясняет высокую отражательную способность планеты $\sim 75\,\%$ падающего солнечного света отражается от нее. В настоящее время визуальным наблюдениям доступна лишь та часть атмосферы Венеры, которая расположена над слоем облаков. Радиус Венеры, соответствующий уровню внешней поверхности облачного слоя, равен 6120 км. Температура на уровне наружного слоя облачного покрова примерно — 40 °С. В силу действия парникового эффекта температура на поверхности в месте посадки «Венеры-7» на ночной стороне планеты достигла 475±20 °С. «Венера-8» на дневной стороне отметила температуру 470±8 °С. Давление на поверхности $90 \pm 1{,}5$ атм. Плотность грунта $\sim 1{,}4$ г/см^3; он состоит, вероятно, из раздробленных пород.

На Венере иногда видны изменчивые темные пятна неопределенной формы, не имеющие резких границ. В телескоп можно увидеть фазы, подобные фазам Луны (рис. 49). Вопрос о периоде вращения Венеры вокруг оси и о ее наклоне долгое время был неясен. Радиолокационные наблюдения дают период вращения планеты, равный $243{,}02^d$, причем вращение происходит в обратную сторону. Плоскость экватора наклонена на 177,4° к плоскости орбиты [19]. Измерения радиоизлучения Венеры и его распределения по диску также показали, что поверхность планеты очень горячая (~ 735 К).

На Венере не обнаружено сколько-нибудь заметного магнитного поля.

Радиолокационные наблюдения с Земли и особенно с КА «Венера-15 и 16» и «Магеллан», выведенных на орбиты искусственных спутников Венеры, позволили изучить значительную часть поверхности Венеры. В основном поверхность Венеры представляет собой плоские равнины с невысокими холмами; гористые районы занимают значительно меньшую площадь. Обнаружено много кратеров диаметром от 10

[19] Обсуждалась гипотеза, что обратное вращение Венеры произошло в результате сравнительно недавнего ее столкновения с астероидом диаметром около 200 км, нанесшим ей боковой удар. Миф о Венере, засиявшей светом, соперничающим с Солнцем, может быть, отражает в фольклоре это космическое событие.

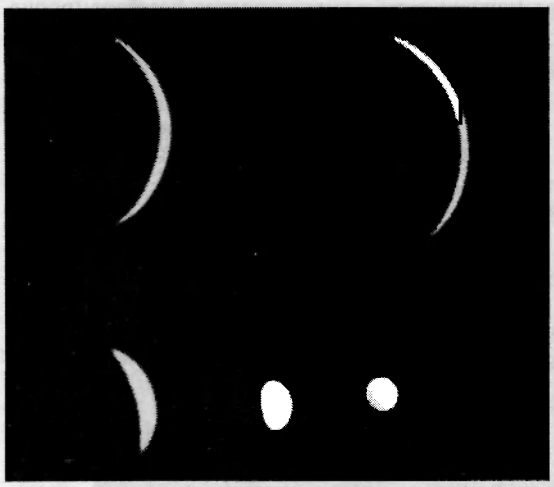


Рис. 49. Фотографии Венеры в различных фазах

до 80 км, в основном неглубоких. Горные районы на Венере обычно называют континентами. Наибольший из них получил название Земля Афродиты, его площадь около 40 млн км^2. Гораздо меньше Земля Иштар. Здесь находятся самые высокие горы на Венере — Горы Максвелла; они возвышаются примерно на 11 км. На вершине самой крупной из этих гор заметен кратер поперечником около 100 км. Горные цепи Земли Иштар огибают Плато Лакшми, вероятно, имеющее вулканическую природу. Крупным деталям поверхности Венеры решено давать имена ученых в области радио- и элекротехники (Эдисон, Гальвани, Попов и др.). Менее заметным — женские имена. Радиолокационные съемки дали материалы для «Атласа Венеры», подготовленного Главным управлением геодезии и картографии.

Атмосфера планеты состоит на 96,5 % из углекислоты CO_2, не более 3 % составляет азот N_2, обнаружены следы O_2, воды H_2O, инертных газов и некоторых химических соединений.

1.6.3. Марс

Наклон экватора Марса к плоскости его орбиты почти такой же, как у Земли (25,2°), а период вращения ($24^h37^m22{,}6^s$) близок к земным суткам, поэтому видимое движение небесного свода на Марсе должно носить такой же характер, как на Земле.

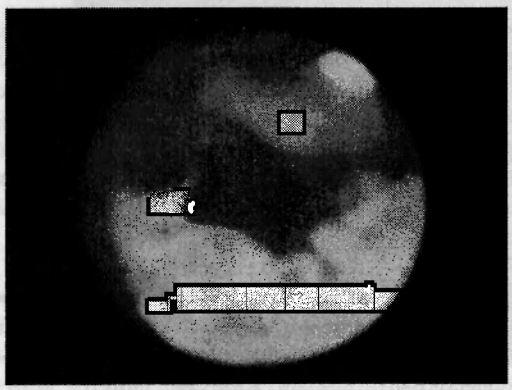


Рис. 50. Фотография Марса (Б. Лио, 23.09.1941 г., Пик-дю-Миди)

На Марсе происходит аналогичная смена времен года, только их продолжительность почти вдвое больше земных. Экваториальный диаметр Марса 6794 км, полярный — 6752 км. Его масса $6{,}420 \cdot 10^{23}$ кг, а средняя плотность 3,94 г/см^3.

На поверхности Марса много устойчивых деталей, позволивших составить довольно подробную *ареографическую* карту. Уже в телескоп скромных размеров на диске Марса можно заметить белое пятно близ полюса. Это — одна из двух *полярных шапок* (рис. 50); они претерпевают сезонные изменения, исчезая с наступлением лета в соответствующем полушарии Марса. Две трети поверхности Марса имеют красновато-оранжевый оттенок. Вероятнее всего, это пустыни с почвой, окрашенной

окислами железа. Слабее окрашенные области, которые по контрасту кажутся зеленовато-серыми пятнами (моря), занимающие около трети поверхности, испытывают сезонные изменения в интенсивности окраски: они темнеют с наступлением весны. Можно думать, что в это время тают полярные шапки Марса, состоящие, как это показали спектрографические исследования В. И. Мороза, из тонкого слоя снега или инея H_2O, иногда припорошенного инеем CO_2. Подлинных морей или каких-либо обширных водных пространств на Марсе нет. Кроме того, имеются небольшие, неправильной формы и более темные, чем окружающая местность пятна, так называемые *оазисы*. Темные узкие полосы, называемые *каналами*, как будто соединяют оазисы с темными областями (морями).

В связи с вопросом о возможности жизни на Марсе весьма важно изучение атмосферы этой планеты. Полярные шапки и белая полоса утренних заморозков, видимая вдоль линии терминатора, свидетельствуют о наличии атмосферы на Марсе. Об этом говорят также явления сумерек в полосе шириной около 8° вдоль линии терминатора. Последние данные о химическом составе атмосферы Марса говорят о том, что углекислый газ (двуокись углерода) CO_2 составляет 95 %, азот $N_2 \sim 2{,}7$ %, аргон Ar $\sim$ 1,6 %; замечены следы окиси углерода CO ($\sim 10^{-2}$ %), кислорода O_2; озона O_3 и воды (от < 1 до ~ 50 мкм в осажденном виде; на неосвещенной стороне атмосферы в 10^3 раз больше).

Иногда на поверхности Марса в районах пустынь наблюдаются желтоватые пятна пылевых туч (подчас значительных размеров), которые заметно передвигаются по поверхности планеты (со скоростью до 24 км/ч). Изредка появляются голубые облака, которые можно сфотографировать только в синих и фиолетовых лучах, фиолетовая вуаль или дымка и фиолетовые облака. Цвет неба для наблюдателя на поверхности Марса должен быть светло-розовым. Редкость появления голубых облаков (высота которых 18–22 км над поверхностью планеты) и сравнительно быстрое таяние полярных шапок с наступлением весны также говорят о том, что количество влаги на этой планете весьма невелико.

Измерения температуры поверхности Марса показали, что в перигелии наибольшая температура в подсолнечной точке может достигать 0 °С. Ночью температура −100 °С на экваторе и −125 °С на полярных шапках.

Многолетние исследования известного советского астрофизика Г. А. Тихова растительности на Дальнем Севере и в высокогорных областях привели его к выводу, что растительность на Марсе (если она существует) должна иметь серо-голубую окраску. Своими работами Г. А. Тихов положил начало новой науке — *астроботанике*. В последние годы возникли глубокие сомнения в объяснении сезонных изменений на Марсе деятельностью органической жизни и выдвигаются гипотезы неорганического характера этих изменений.

Большой вклад в изучение Марса внесли КА, запущенные в СССР и в США: «Марсы», «Маринеры», «Викинги» и др. Пролетая вблизи Марса или переходя на орбиты его искусственных спутников, они получили и передали на Землю крупномасштабные снимки поверхности планеты и ее спутников, позволили расширить наши знания о марсианской атмосфере. На поверхность Марса были доставлены спускаемые аппараты КА «Марс-3 и 6», «Викинг-1 и 2» и «Марс Пасфайндер». Изучались физические условия и химический состав пород в местах посадок. Гипотезы о существовании на Марсе каких-либо форм жизни подтверждения пока не получили.

Поверхность Марса усеяна множеством крупных и мелких кратеров (рис. 51) метеоритного происхождения, а также потухшими вулканами, среди которых есть

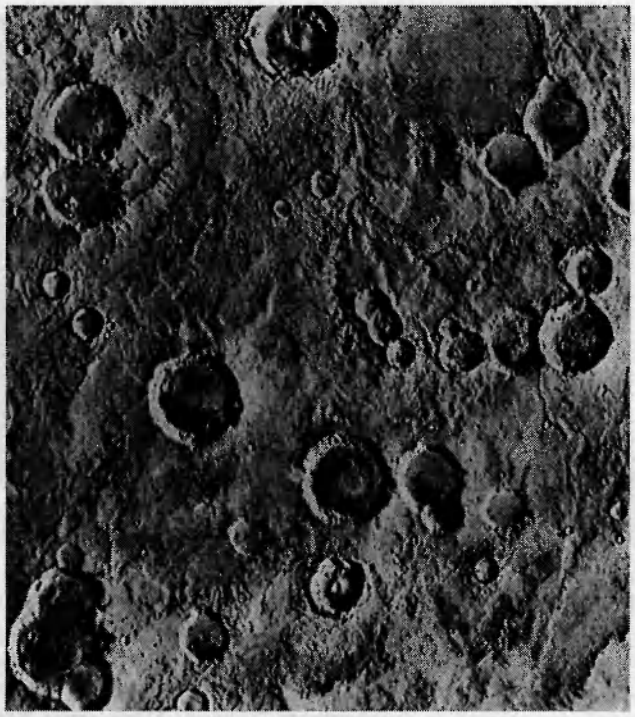


Рис. 51. Кратеры на поверхности Марса, в области Земли Ноя, 30° S, 10° W. Размер кадра 280 × 220 км («Викинг», 1976 г., НАСА, США)

гиганты поперечником у основания до 500 км[20]. Два таких вулкана — Арсия и Олимп — возвышаются над поверхностью более чем на 25 км. На фотографиях хорошо видны разломы марсианской коры — гигантские ущелья с системой каньонов. Замечены также образования, сходные с руслами рек. Поскольку условия на Марсе не позволяют существовать там настоящим рекам, полагают, что эти образования могли возникнуть в результате таяния по разным причинам подпочвенного льда. Составлена достаточно подробная карта Марса (Приложение II).

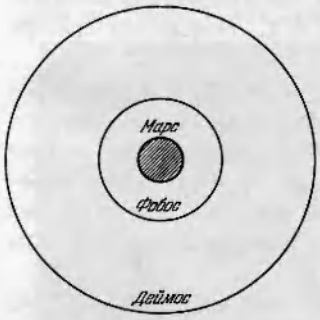


Рис. 52. Орбиты спутников Марса по сравнению с размерами планеты

Атмосфера Марса очень разрежена — давление на поверхности 6 миллибар[21], что в 170 раз меньше нормального атмосферного давления у поверхности Земли на уровне моря и близко к давлению на высоте 40 км. Обнаружена ионосфера из нескольких слоев: высота основного максимума плотности

[20] В 1947 г. В. В. Федынский и К. П. Станюкович (СССР), а в 1949 г. Болдуин (Великобритания) сделали предположение о сходстве поверхностей Марса и Луны, но оно было забыто; открытие кратеров на Марсе явилось полной неожиданностью.

[21] В метеорологии 1 бар — единица давления, равная 10^5 Н/м^2. Миллибар (мб) равен 10^3 дин/см^2. Один миллиметр ртутного столба равен 133,322 Н/м^2, 1 атм — нормальное атмосферное давление на поверхности Земли = физическая атмосфера (760 мм рт. столба) = $1{,}01325 \cdot 10^5$ Н/м^2.

в дневное время составляет ~134–140 км ($9 \cdot 10^4$ электрон/см^3); второй максимум ($2 \cdot 10^4$ электрон/см^3) соответствует высоте ~110 км[2].

Марс обладает двумя крошечными спутниками (рис. 52), доступными для наблюдения только в крупные телескопы. Ближайший к Марсу спутник Фобос (по-гречески Страх, рис. 53) обращается вокруг планеты за 7^h39^m, т. е. значительно быстрее, чем вращается Марс вокруг своей оси. Фобос восходит над горизонтом марсианского наблюдателя на западе, движется навстречу суточному движению всех звезд и заходит на востоке. Второй спутник, Деймос (Ужас), обращается с периодом 30^h17^m. Оба спутника всегда обращены к Марсу одной своей стороной.

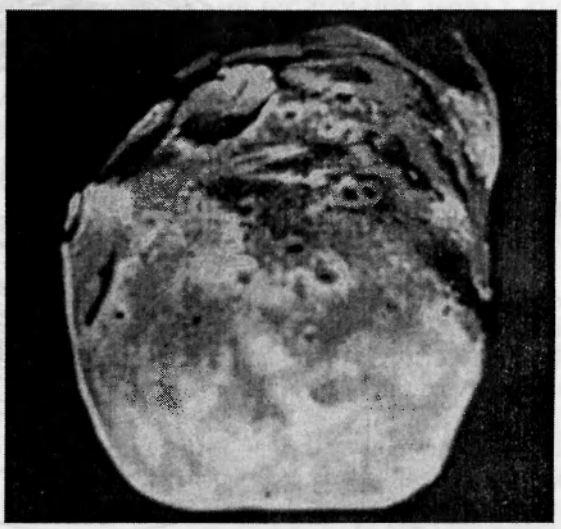


Рис. 53. Фобос. Снимок, полученный КА «Фобос-1» (1988, СССР)

На поверхности обоих спутников видны кратеры метеоритного происхождения. Наибольший кратер на Фобосе (Стикни) имеет в диаметре около 8 км. От этого кратера исходит система загадочных параллельных борозд, как будто по поверхности Фобоса прошлись какими-то гигантскими граблями.

На снимках, сделанных «Викингами», Фобос имеет приблизительно форму трехосного эллипсоида с полуосями 13,5, 10,7 и 9,6 км. Возмущения в движении «Викингов», произведенные Фобосом, позволили оценить его массу в ~10^{19} г, что приводит к средней плотности спутника ~2 г/см^3. Альбедо его поверхности ~0,06. Такие плотность и альбедо могли бы дать углистые хондриты — наименее плотные из каменных метеоритов.

Поверхность Деймоса более гладкая. Заметны светлые пятна — вероятно, это тонко раздробленное вещество, имеющее более высокое альбедо. Именно тем, что такое вещество засыпало некоторые кратеры, можно объяснить сравнительную гладкость поверхности этого спутника.

1.6.4. Малые планеты — астероиды

Астероиды (т. е. «звездоподобные») расположены в основном между орбитами Марса и Юпитера, хотя некоторые из них в перигелии подходят весьма близко к орбите Венеры (например, Гермес) и даже попадают внутрь орбиты Меркурия (1566 Икар), а другие в афелии близки к орбите Сатурна, например, 944 Гидальго, названный так в честь Мигуэля Гидальго (1753–1811), возглавлявшего борьбу мексиканцев за независимость от Испании. Впрочем, в силу большого угла наклона (43°) орбиты Гидальго к орбите Сатурна эта малая планета не может подойти к Сатурну ближе, чем на 5,7 а. е. В последние годы были обнаружены астероиды со средним расстоянием от Солнца, равным или меньше 1 а. е. Таков, например, 2062 Атон, открытый 7 января 1976 г. Вся его орбита лежит внутри земной ($a = 0{,}966$ а. е.), размеры его ~800 м. Еще два подобных астероида: 2100 Ра-Шалом, $a = 0{,}832$ а. е. и 2340 Хатор, $a = 0{,}844$ а. е.

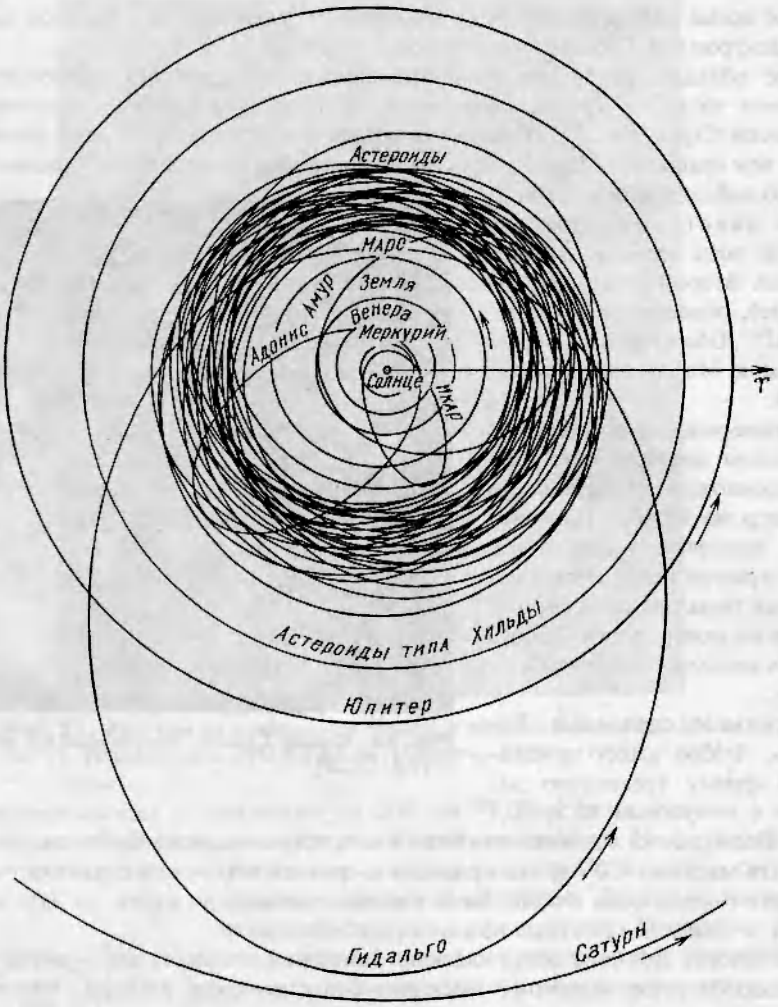


Рис. 54. Пояс малых планет между орбитами Марса и Юпитера (показаны также орбиты некоторых замечательных астероидов)

На рис. 54 показано положение пояса малых планет в Солнечной системе, а также орбиты некоторых замечательных астероидов.

В 1977 г. как звезда $18-19^m$ был открыт крупный, около ~ 600 км диаметром, астероид, движущийся между орбитами Сатурна и Урана. Это 2060 Хирон. Период обращения этого астероида ~ 50 лет, $a = 13{,}7$ а. е., эксцентриситет орбиты 0,38, наклон к эклиптике $\sim 7°$. Перигелий (8,5 а. е.) Хирон прошел в феврале 1996 г. и при этом как комета окутался облаком пыли и газов, показав, что на его поверхности есть льды. Объекты, подбные Хирону, называют теперь «кентаврами». А сам Хирон попал в компанию периодических комет (табл. 30).

Орбиты большинства обозначенных малых планет заключены в пределах от 2,17 до 3,64 а. е. (суточные орбитальные движения от 1100″ до 510″). Среднее их расстояние около 2,8 а. е. от Солнца. Это Главный пояс астероидов, простирающийся

между орбитами Марса и Юпитера. Первый астероид, Церера, был открыт Пиацци 1 января 1801 г. После применения фотографии (в 1891 г.) их стали открывать в большом количестве. К началу 1987 г. было известно около 3500 обозначенных астероидов. В 1990-е годы, благодаря специальным программам их поиска, использующим автоматические телескопы, частота открытия астероидов значительно возросла. К концу 2000 г. обнаружено более 100 тыс. малых планет, из них около 20 тыс. нумерованных (с точно определенными орбитами) и около 8 тыс. с собственными именами.

Орбиты некоторых астероидов обладают значительными эксцентриситетами ($e = 0{,}83$ у Икара) и большими наклонами ($i = 52°$ у Бетулии и $55°$ у Икара). Для подавляющего же большинства известных малых планет эксцентриситет очень невелик (среднее значение 0,15), т. е. орбиты их близки к круговым; наклоны орбит также невелики: среднее $i = 9{,}7°$. Большие полуоси орбит астероидов до 1992 г. были заключены в пределах от 0,832 (Ра-Шалом) до 13,688 а. е. (Хирон). Однако затем обнаружили «транснептунианские» объекты (пояс Эджворса—Койпера), движущиеся в районе орбиты Плутона и еще дальше.

Распределение числа астероидов Главного пояса по их сидерическим периодам (или, иначе, по их средним движениям) обнаруживает ряд глубоких минимумов («пробелы Кирквуда»), соответствующих простым отношениям (1/2, 1/3, 2/5, 3/7, 5/11 и т. д.) периодов астероидов к периоду обращения Юпитера (рис. 55). Средний период обращения астероидов 4,7 года.

Самая большая из малых планет, Церера, имеет 960 км в диаметре (ее масса составляет примерно $0{,}9 \cdot 10^{21}$ кг); диаметр Паллады 550 км, Весты 530 км, Юноны 247 км (рис. 56); более 100 астероидов Главного пояса должны иметь диаметры более 100 км, 14 астероидов имеют диаметры больше 250 км, еще 14 от 200 до 250 км; в оппозиции (противостоянии с Солнцем) они выглядят как звезды 6–7-й звездной величины. Другие астероиды много меньше. Самые малые

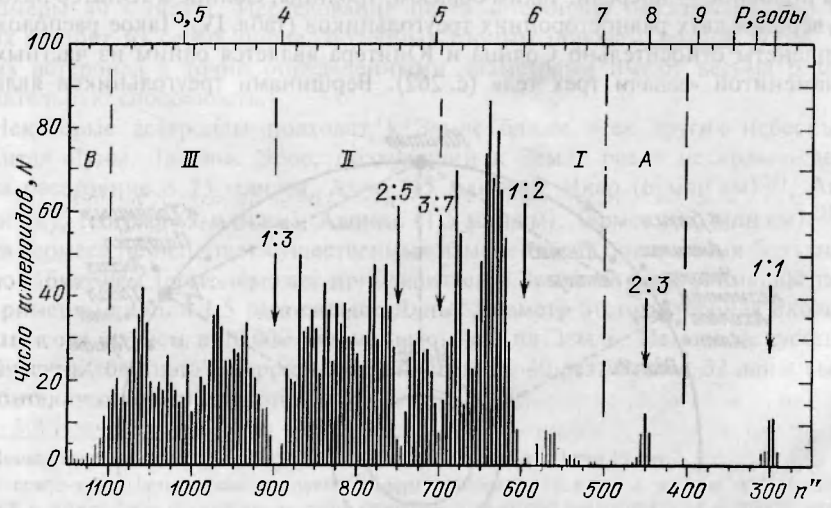


Рис. 55. Распределение астероидов по периодам обращения (или суточным движениям). Стрелками показано расположение «пробелов Кирквуда» и соответствующие простые отношения к периоду обращения Юпитера вокруг Солнца (по Х. Рикману). Приведены данные об астероидах, открытых до 1980 г.

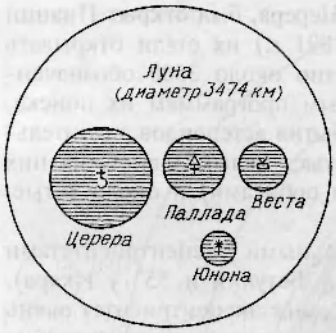


Рис. 56. Размеры крупных астероидов по сравнению с Луной (показаны предложенные в свое время знаки для этих малых планет)

из известных астероидов имеют диаметры около 50 м и массу ~1 млн т. По своим размерам они сходны с теми телами, которые образовали на Земле метеоритные кратеры. Большинство астероидов — это глыбы неправильной формы, которые образовались, вероятно, от дробления при столкновении более крупных тел. Мелкие осколки пополняют запасы метеорного вещества в Солнечной системе, а пыль пополняет вещество зодиакального света. Чем мощнее применяемый телескоп, тем большее число малых планет можно открыть с его помощью. Можно предполагать, что общая масса всех малых планет не больше 1/1000 массы Земли. Астероиды лишены атмосферы.

Астероиды обозначаются порядковым номером и собственным именем, взятым для многих планет из числа женских имен греческой и римской мифологии, а потом и мифологий других народов. Некоторые астероиды названы именами великих людей и ученых, например, планета 852 называется Владиленой в честь Владимира Ильича Ленина, есть планета 1210 Морозовия, 786 Бредихина и др. Вначале этим именам придавали окончания женского рода, но в дальнейшем отказались от этого; ряд астероидов получил географические названия, например, Байконур, Волга и т. д.

Чрезвычайно интересна группа (вернее две группы) астероидов, обращающихся вокруг Солнца на таком же расстоянии, что и Юпитер, причем их расстояния от Юпитера и от Солнца равны между собой, а периоды обращения равны периоду обращения Юпитера (рис. 57). В настоящее время известно более 1000 таких планеток, называемых троянцами. Половина из них движется на 60° позади Юпитера, а другая половина — впереди. Таким образом, троянцы, Солнце и Юпитер находятся вблизи вершин двух равносторонних треугольников (табл. IV). Такое расположение малой планеты относительно Солнца и Юпитера является одним из частных случаев знаменитой «задачи трех тел» (с. 262). Вершинами треугольников являются

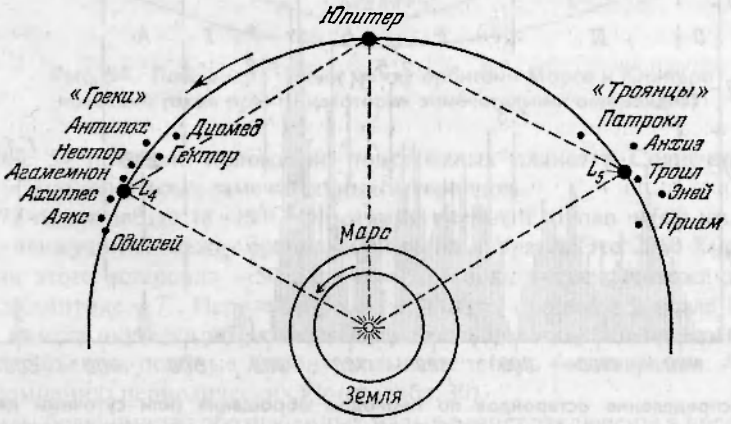


Рис. 57. Крупные астероиды «греки» и «троянцы» (схематическое расположение относительно Юпитера)

Таблица IV

Астероиды-троянцы. Номера и собственные имена или обозначения самых ярких в каждой группе

«Греки»				«Троянцы»			
588	Ахиллес	1868	Терент	617	Патрокл	2207	Антенор
624	Гектор	1869	Филоктет	884	Приам	2223	Сарпедон
659	Нестор	2146	Стентор	1172	Эней	2241	1979 WM
911	Агамемнон	2148	Эпий	1173	Анхиз	2353	Ферекл
1143	Одиссей	2260	Неоптолем	1208	Троил	2363	Цебрион
1404	Аякс	2456	Паламед	1867	Деифоб	2674	Пандар
1437	Диомед	2759	Идоменей	1870	Главк	2893	1975 QD
1583	Антилох	2797	Тевсер	1871	Астианакс	2895	Мемнон
1647	Менелай	2920	Автомедон	1872	Гелен	3240	1978 VG 6
1749	Теламон	3063	Махаон	1873	Агенор	3317	1984 KF

точки либрации L_4 и L_5, относительно которых несколько смещаются (колеблются) астероиды каждой группы.

Короткопериодические колебания блеска многих малых планет (например, Цереры, Юноны, Эроса, Ирис, Весты, Гебы, Астреи и ряда других) свидетельствуют об их вращении в том же направлении, что и их обращение вокруг Солнца. Эти колебания свидетельствуют также о неравномерной отражательной способности поверхности, либо об их неправильной форме. Кратчайший известный период изменения блеска (у Летиции) 2^h12^m. Наблюдения изменений блеска астероидов представляют значительный научный интерес, так как дают материал для суждения об их форме. Так, например, наземные наблюдения за колебаниями блеска Эроса показали, что он напоминает грушу размером 38×16 км и вращается с периодом $5^h16^m13{,}1^s$. При исследовании с близкого расстояния с помощью зонда «NEAR—Шумейкер» (США, 2000 г.) подтвердилось, что Эрос действительно вращается с таким периодом и имеет размеры 40×14 км. Исследование цвета астероидов показывает, что многие из них состоят из серых пород, подобных горным породам земной коры. Четыре первых астероида с точно определенными диаметрами имеют весьма различную отражательную способность.

Некоторые астероиды подходят к Земле ближе всех других небесных тел, не считая Луны. Таковы: Эрос, подходящий к Земле раз в несколько десятков лет на расстояние в 23 млн км, Амур (15 млн км), Икар (6 млн км)[22], Аполлон (3 млн км), Географ (2 млн км), Адонис (1,5 млн км), Гермес (0,6 млн км)[23]. Если орбита Гермеса не испытает существенных изменений от притяжения больших планет, то в будущем Гермес сможет приблизиться к Земле на расстояние 500 тыс. км, т. е. примерно лишь в 1,5 раза дальше Луны. Диаметр этого астероида около 1 км; сила тяжести на нем в 10 000 раз меньше, чем на Земле. Немало искусственных космических тел стало астероидами за последние 40 лет. В табл. 32 даны сведения об орбитах некоторых астероидов.

[22] Последнее сближение было в 1987 г. Следующее произойдет через 19 лет.

[23] К сожалению, Гермес (как Аполлон и Адонис) наблюдался лишь в течение одного сближения с Землей и может быть открыт вновь лишь случайно, при особо благоприятных условиях видимости. Всего около 8000 открытых астероидов было утеряно вследствие недостаточной точности вычисленных для них орбит. Очень много интересных деталей открытий и изучения астероидов содержит книга А. Н. Симоненко «Астероиды, или тернистые пути исследований».

В 1978 г. косвенно был открыт спутник у астероида 532 Геркулина при наблюдении характера изменений блеска в течение покрытия астероида Луной. Впервые прямое открытие спутника произошло 28 августа 1993 г., когда зонд «Галилео» (США), пролетавший мимо астероида 243 Ида размером 58 × 23 км, обнаружил у него спутник (Дактиль) размером 1,5 км, обращающийся на расстоянии 85 км. В 1998 г. У. Мерлин и др. (обсерватория Мауна-Кеа) обнаружили у астероида 45 Евгения (диаметр 226 км) спутник диаметром 13 км, обращающийся по орбите радиусом 1200 км с периодом 4,7 сут. Возможно, что у некоторых других малых планет также есть спутники, например, у Паллады, Юноны, Гебы, Антигоны, Мельпомены, Метиды. У ряда астероидов колебания блеска сходны с колебаниями блеска затменных звезд; таковы 44 Низа, 624 Гектор.

1.6.5. Юпитер

Угловой диаметр планеты меняется от 32″ до 50″, в зависимости от расстояния до Земли. Линейный экваториальный диаметр $143 \cdot 10^3$ км, полярный — $133{,}5 \cdot 10^3$ км. В небольшой телескоп, дающий 50-кратное увеличение, Юпитер выглядит как Луна для невооруженного глаза.

Сплюснутость (1 : 15) диска этой самой большой планеты нашей системы заметна на глаз (рис. 58). Она является следствием очень быстрого вращения планеты вокруг оси. Как и у Солнца, различные зоны Юпитера вращаются с разными

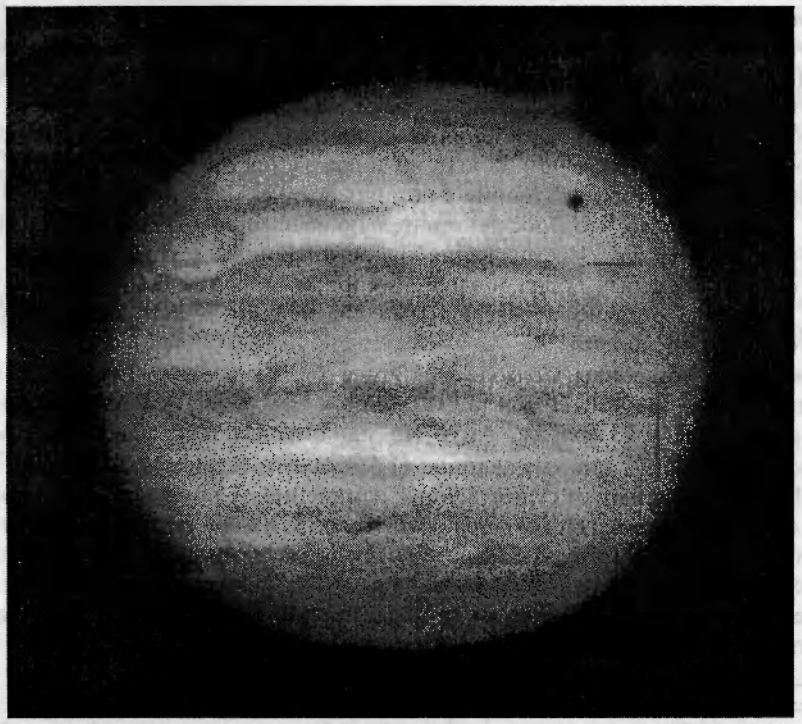


Рис. 58. Юпитер. Снимок П. Герэна 25.11.1964 г. на телескопе с диаметром объектива 107 см. Обсерватория Пик-дю-Миди. Слева вверху Красное Пятно размером 48 × 12 тыс. км — грандиозный атмосферный смерч, существующий, вероятно, десятки тысяч лет; справа вверху — тень спутника Юпитера Европы

периодами: экваториальная зона шириной 15 000–25 000 км вращается с периодом $9^h50^m30^s$, т. е. со скоростью около 45 000 км/ч, высокоширотные зоны — с периодом $9^h55^m41^s$ (см. п. 5.4.4). Видимая поверхность планеты представляет облачный покров, пересеченный рядом полос, параллельных экватору Юпитера, что наряду со сплюснутостью является следствием быстрого вращения планеты. Эти полосы, или зоны, имеют довольно определенные границы и обладают различными скоростями вращения. Иногда относительная скорость двух деталей, расположенных в соседних зонах, может доходить до 300 км/ч. Установлено увеличение скорости с глубиной. Средняя эффективная температура видимой поверхности Юпитера 134 К. При такой температуре в атмосфере Юпитера, помимо молекул водорода H_2 и атомов гелия He, находятся в газообразном состоянии только метан (CH_4), аммиак (NH_3) и синильная кислота (HCH), а также этан (C_2H_6), ацетилен (C_2H_2), взвешенные кристаллики воды (H_2O), бисульфида аммония (NH_4SH) и кристаллы аммиака (NH_3). Однако Юпитер излучает в окружающее пространство в два раза больше того, что он получает от Солнца. Возможно, что в прошлом Юпитер сам был маленькой звездой и почти остыл к нашему времени. В 1974–1975 гг. в атмосфере планеты обнаружены в ультрафиолетовом диапазоне молекулы воды, а также свечение H и He.

Малое значение средней плотности Юпитера 1,33 г/см^3 (24 % средней плотности Земли) объясняется тем, что мы массу планеты (318 масс Земли) делим на видимый объем (1300 объемов Земли), определяемый обширной непрозрачной атмосферой.

По современным представлениям Юпитер на 82 % по массе состоит из водорода и на 17 % из гелия. Содержание всех других элементов не превышает 1 %. Наружный слой толщиной 11 000 км (0,15 радиуса) в основном состоит из обычного молекулярного водорода. На дне этого «водородного океана» температура 2000 °С, а давление достигает 700 000 бар. При таком громадном давлении водород переходит в «металлическое» состояние, его плотность скачком удваивается (до 0,8 г/см^3).

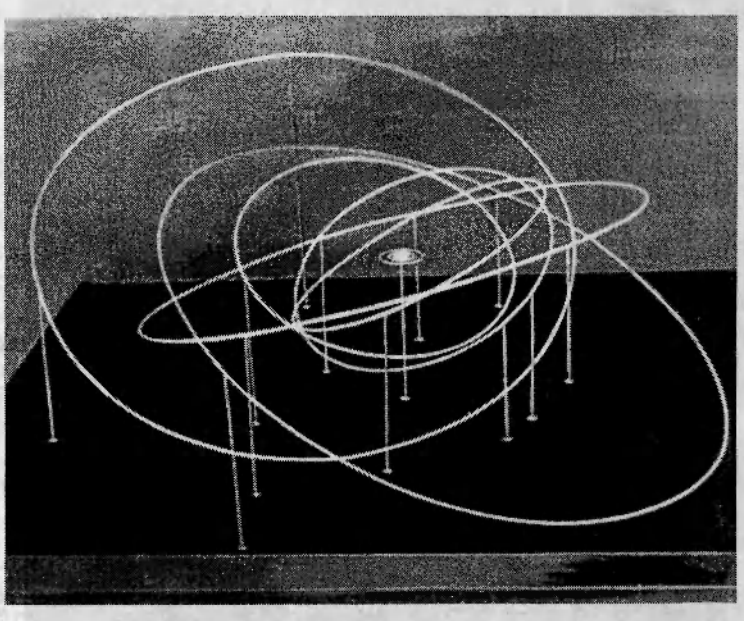


Рис. 59. Фотография модели, показывающей расположение орбит спутников Юпитера. Ясно видно деление спутников на две группы: близких и далеких

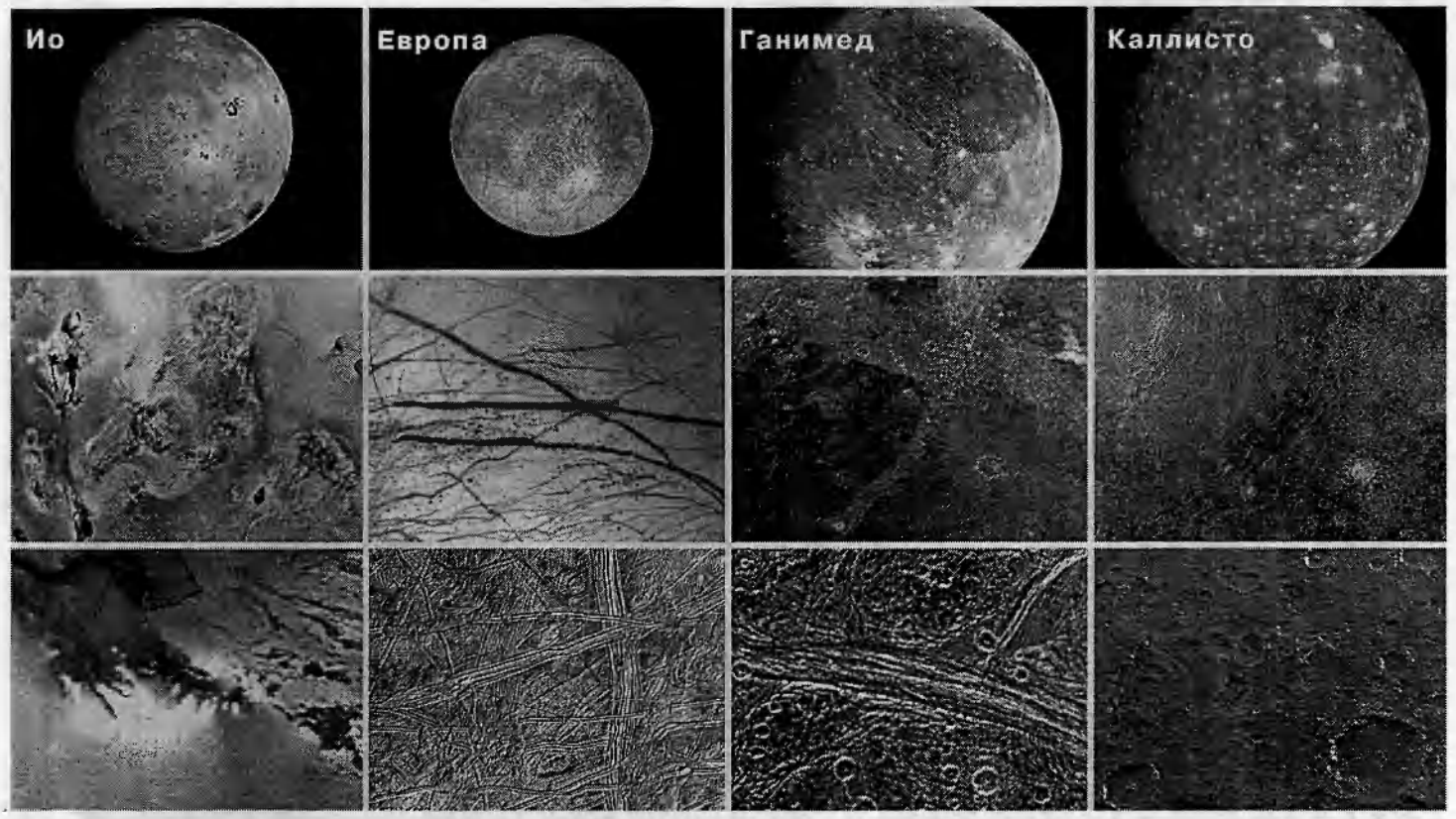


Рис. 60. Галилеевы спутники Юпитера — Ио, Европа, Ганимед. Каллисто (слева направо) и фрагменты их поверхности. В верхнем ряду сохранен относительный размер спутников. Размер всех изображений среднего ряда 1000 × 750 км, разрешение около 2 км; размер изображений нижнего ряда 100 × 75 км, разрешение около 200 м. Снимки получены зондами «Вояджер» (НАСА, США) в 1979 г. и «Галилео» (НАСА, США) в 1996–1997 гг.

Слой жидкого «металлического» водорода имеет толщину около 40 тыс. км (0,55 радиуса), масса его составляет 65 % всей массы планеты. Радиус ядра планеты можно оценить в 0,1 радиуса всей планеты, его масса составляет 3–4 % всей массы Юпитера. Плотность в центре 11 г/см^3, давление 50 Мбар, температура 20 000 К.

«Атмосфера» этой планеты по своим физическим свойствам очень мало походит на земную атмосферу. Радиоизлучение Юпитера на волне 10 см показало наличие у него мощного (в 40 тыс. раз интенсивнее земного) радиационного пояса диаметром 400 000 км и сильного магнитного поля (на поверхности около 4 Э). По временам какие-то бурные процессы в ионосфере планеты вызывают сильные всплески радиоизлучения в 10-метровом диапазоне, причем радиоизлучение Юпитера обнаруживает определенную зависимость от положения спутника Ио. Наблюдения на радиотелескопе РАТАН-600 показали, что спутник Ио излучает не как обычное нагретое тело, а как если бы он обладал, подобно Земле, магнитным полем и радиационными поясами. Кроме того, у Ио есть несколько действующих вулканов.

На поверхности Юпитера обнаружена область шириной не менее 1600 км (не совпадающая со знаменитым Красным Пятном), хорошо отражающая радиоволны.

У Юпитера известны семнадцать спутников (часть их показана на рис. 59). Из них только четыре наиболее ярких (С. Мариус назвал их галилеевыми) доступны наблюдениям с небольшими телескопами (они имеют видимую звездную величину 5–6^m). Восьмой спутник, открытый в 1908 г., был «утерян» в 1923 г. вследствие его малой яркости и слабой изученности его сложного движения. Его удалось вновь найти лишь в 1930 г. благодаря обширным вычислениям, предпринятым в Ленинградском астрономическом институте (позже Институт теоретической астрономии Академии наук России).

Четыре самых далеких спутника Юпитера обращаются обратным движением вокруг планеты. Спутники Юпитера VIII и IX так далеки от планеты, что, подвергаясь возмущениям со стороны Солнца, описывают незамкнутые орбиты. Согласно исследованиям (в инфракрасных лучах) В. И. Мороза (1965) значительная часть поверхности Европы и Ганимеда (рис. 60) покрыта льдом. Установлено, что у четырех главных спутников периоды вращения и обращения совпадают, т. е. спутники обращены к планете одной своей стороной. Средняя плотность галилеевых спутников уменьшается с расстоянием от планеты, подобно тому как плотность планет земной группы убывает с расстоянием от Солнца. Объяснение этому должна дать теория происхождения планет и их спутников.

Колоссальный прогресс в исследовании Юпитера и системы его спутников связан с работой американских межпланетных зондов: пролетевших мимо Юпитера «Пионера-10» (1973), «Пионера-11» (1974), «Вояджера-1» (март 1979), «Вояджера-2» (июль 1979) и «Галилео» (декабрь 1995–2001...), ставшего первым искусственным спутником Юпитера. Кроме новых спутников планеты «Вояджеры» открыли чрезвычайно прозрачное и тонкое пылевое кольцо Юпитера, внешняя граница которого проходит на расстоянии 128 тыс. км от центра планеты, а внутренняя граница почти касается ее атмосферы. Нужно заметить, что существование этого кольца предполагалось и ранее, но обнаружить его с Земли не удавалось.

1.6.6. Сатурн

Диск планеты имеет заметную сплюснутость (1 : 10,2). Как и у Юпитера, поверхность Сатурна покрыта полосами, параллельными его экватору, однако эти полосы неясно очерчены и имеют мало деталей. Полосы Сатурна отличаются бо́льшей правильностью, чем полосы Юпитера; иногда появляются белые пятна, может быть,

вследствие извержений из глубины; через некоторое время пятна растягиваются в полосы. Период вращения Сатурна близок к периоду вращения Юпитера, причем, так же как на Юпитере, чем больше широта полосы, тем медленнее ее вращение: в экваториальной зоне Сатурна период вращения составляет $10^h\,12^m$, на широте 40° он равен $10^h\,40^m$, а в полярных областях, выше 57°, он превышает 11^h.

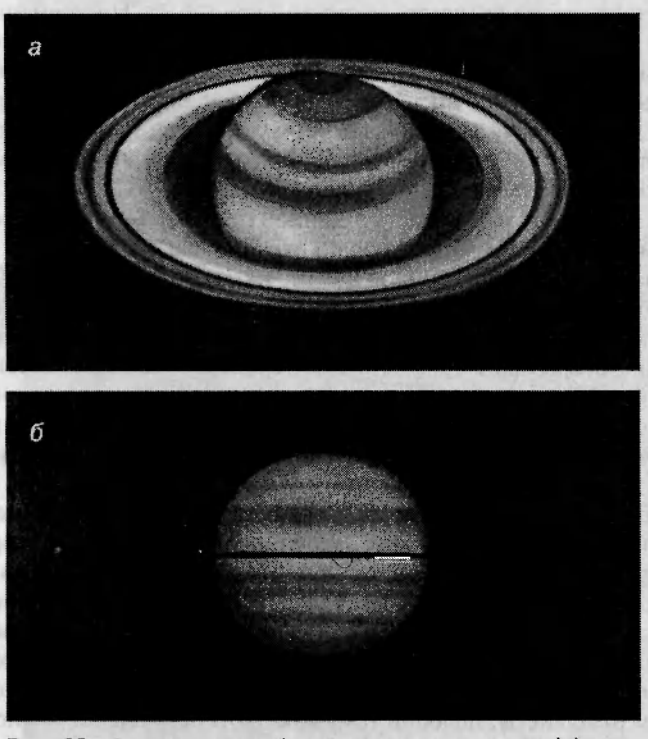


Рис. 61. Сатурн при наибольшем раскрытии колец (а) и во время их исчезновения (б) для наблюдателя на Земле

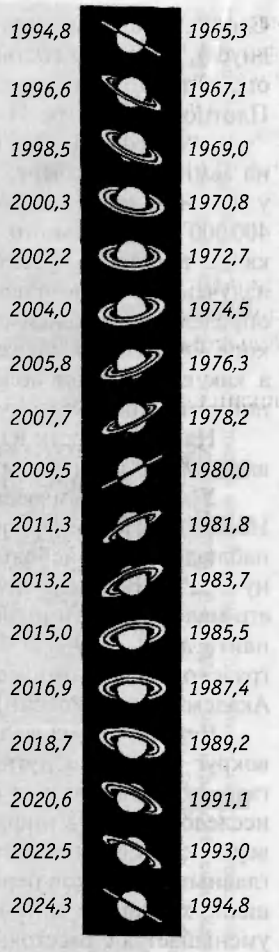


Рис. 62. Расположение колец Сатурна с 1965 по 2024 гг.

Характерной особенностью Сатурна являются его кольца, лежащие точно в плоскости экватора планеты (рис. 61). Вид колец меняется с течением времени (рис. 62), так как они наклонены на 26°44′ к плоскости эклиптики. Кольца Сатурна перестают быть видимы, когда наблюдатель находится точно в плоскости колец либо когда эта плоскость проходит через Солнце (это происходит от 1 до 3 раз в течение сатурнова года). В течение 15 лет 9 месяцев Солнце освещает северную поверхность колец, а 13 лет 8 месяцев — южную. Максимальная толщина колец меньше 1 км.

Кольца Сатурна состоят из громадного числа крошечных спутников, каждый из которых движется по законам Кеплера вокруг планеты [24]. По данным М. С. Боброва, средний поперечник частиц кольца около 1 м, а общая масса их равна 10^{-4}–10^{-5}

[24] Минимальное расстояние, ближе которого крупный спутник не может сохранить устойчивую форму и разрывается на мелкие части (*предел Роша*), определяется формулой $D = 2{,}44\,R\sqrt[3]{\rho/\rho_1}$, где R — радиус планеты, ρ и ρ_1 средние плотности планеты и спутника.

массы самого Сатурна. Внутреннее (*креповое*) кольцо состоит из очень мелких частиц. Частицы кольца, по-видимому, покрыты льдом или инеем. Температура колец около 93 К.

Разделение кольца на три основные части и образование щелей (делений) между ними (рис. 63, *а*; табл. V) связаны с возмущающим действием спутников Сатурна на частицы, образующие кольцо. Местонахождение щелей соответствует точной соизмеримости периодов обращения наиболее массивных спутников Сатурна и частиц, образующих кольца (ср. с кольцом астероидов, рис. 55).

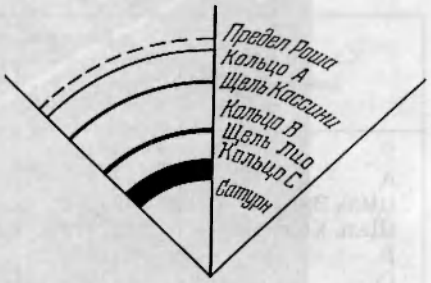


Рис. 63. а. Строение основных колец Сатурна

Много нового о Сатурне передали американские космические зонды «Пионер-11»

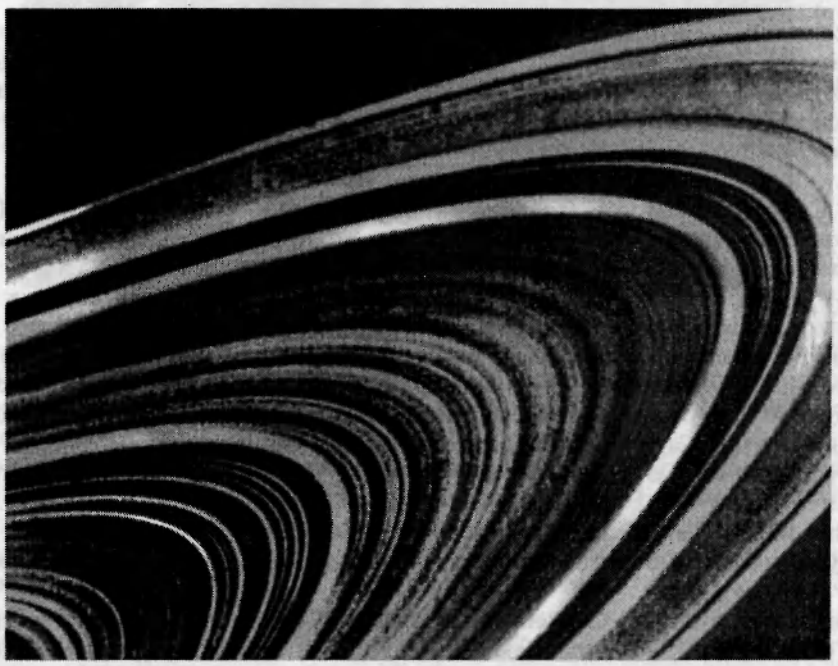


Рис. 63. б. Кольца Сатурна по снимку, полученному КА «Вояджер-2»

(1979), «Вояджер-1» (1980) и «Вояджер-2» (1981). Новый зонд «Кассини—Гюйгенс» (НАСА/ЕКА) уже в пути и должен прибыть к Сатурну летом 2004 г. С помощью «Вояджеров» получены изумительные фотографии сотен колец, на которые разделяются кольца А, В и С, и тех, которые впервые открыты за их пределами. Рис. 63, *б* дает представление о необычайной сложности картины колец Сатурна, включая еще не объясненные полностью белые полосы, расположенные радиально, либо темные полосы, похожие на тени (см.: *Горькавый Н. Н., Фридман А. М.* «Физика планетных колец»).

Внутреннее строение Сатурна сходно со строением Юпитера. Меньшая средняя плотность (0,70 г/см^3, или 13 % плотности Земли), по-видимому, объясняется тем,

Таблица V

Кольца Сатурна

Кольцо или деление	Внешний радиус		Внутренний радиус или ⟨ширина⟩	
	км	относит.	км	угл. сек. в среднем противостоянии
F	140 185	2,33	⟨50⟩	⟨0,01⟩
A	136 780	2,27	122 170	19,6
Щель Энке	133 570	2,22	⟨330⟩	⟨0,05⟩
Щель Кассини	122 170	2,03	⟨4450⟩	⟨0,72⟩
B	117 520	1,95	~92 000	14,8
C	~92 000	1,53	74 510	12,0
D	74 510	1,24	66.970	10,8
Сатурн	экв. 60 268	1,00	пол. 54 364	8,7

что вследствие меньшей массы планеты давление в ее недрах не достигает таких значений, как у Юпитера; содержание же водорода у Сатурна несколько меньше.

Хотя Сатурн излучает вдвое больше тепла, чем получает его от Солнца, его эффективная температура всего 95 K, а температура внешнего слоя облаков 80–90 K. Атмосфера Сатурна на 94 % (по объему) состоит из водорода, а остальные 4 % — это гелий.

У Сатурна открыто 24 спутника. Самый большой и яркий из них Титан ($8{,}3^m$). По своим размерам и массе он больше Луны, но несколько меньше Меркурия. Он обладает атмосферой, содержащей, как и атмосфера Земли, азот (85 %), а кроме него — аргон, метан и др. Самым близким к планете считался спутник Янус, открытый О. Дольфюсом на Медонской обсерватории 15 декабря 1966 г. в эпоху невидимости кольца Сатурна. Блеск Януса $\sim 14^m$. Наибольшее удаление от внешнего края кольца A всего $3{,}4''$. Спутник обычно скрывается в ореоле яркого кольца. Однако в 80-х гг. открыто четыре спутника, более близких к планете (см. табл. 28). Далекий спутник Сатурна, Феба, движется в обратном направлении.

Установлено, что у четырех спутников (Тефия, Рея, Диона и Япет) период вращения вокруг оси совпадает с периодами обращения вокруг планеты, т. е. все они, подобно Луне, обращены к своей планете всегда одной стороной. У Япета обнаружены заметные колебания блеска, что говорит о наличии на его поверхности пятен разной яркости.

Затмения спутников Сатурна — довольно редкие явления: их можно наблюдать лишь в те периоды, когда плоскость кольца (а следовательно, плоскость экватора планеты и орбит его спутников) проходит через наблюдателя. Как и Юпитер, планета Сатурн обладает радиационным поясом.

1.6.7. Уран

Уран виден как звезда 6-й звездной величины. Диск планеты (около $4''$) можно заметить лишь в телескоп, дающий не меньше чем 100-кратное увеличение. Линейный диаметр 51 тыс. км. Некоторые наблюдатели отмечали на Уране полосы, похожие на полосы Сатурна и также расположенные параллельно экватору планеты. Период вращения Урана составляет 17^h14^m. Сплюснутость диска незначительна (1 : 44).

Плоскость экватора планеты, совпадающая с плоскостью движения его двадцати спутников, наклонена на 98° к плоскости орбиты самого Урана; его вращение происходит в сторону, противоположную вращению всех остальных планет (кроме

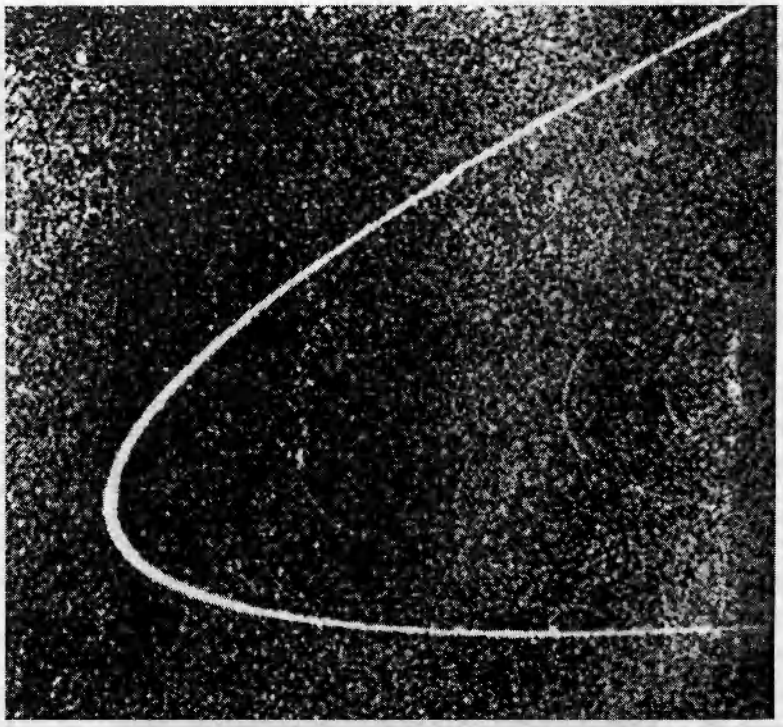


Рис. 64. Снимок колец Урана

Венеры). Он вращается как бы «лежа на боку». Спутники Урана доступны только сильным инструментам. Десять из них были открыты 25 января 1986 г. при пролете КА «Вояджер-2».

При очень точных фотоэлектрических наблюдениях покрытий Ураном звезды SAO 158687 в 1977 г. обнаружена система из 5 колец (рис. 64), подобных кольцам Сатурна, но очень узких (от 600 м до 100 км), а в 1978 г. открыты еще 4 кольца. Они расположены близко к плоскости экватора планеты, но не точно в ней, являются эллиптическими и разделены большими промежутками, в которых, вероятно, находится разреженное пылевое вещество. Общая ширина колец Урана 170 км.

Строение Урана сходно со строением всех больших планет типа Юпитера. Однако водорода в Уране меньше, чем в Юпитере, вследствие чего средняя плотность его больше (26 % плотности Земли, или 1,35 г/см^3).

В спектре Урана обнаружены полосы поглощения метана. Температура облачной поверхности Урана 60 К. Внутренние источники тепла у планеты слабы.

1.6.8. Нептун

Нептун виден как звезда 8-й величины. Угловой диаметр его видимого диска всего 2″, что соответствует линейному диаметру 49 530 км. Его сплюснутость 1 : 58. Период вращения Нептуна вокруг оси равен 16^h07^m. Небольшая средняя плотность (30 % плотности Земли) делает его похожим на другие планеты-гиганты нашей системы. Атмосфера планеты также содержит водород, метан, аммиак. Температура на поверхности около 60 К, что немного выше той температуры, которую можно

объяснить прогревом планеты Солнцем, т. е. внутри планеты есть источник энергии. Блеск Нептуна испытывает небольшие колебания с периодом около половины периода вращения, т. е. 7^h24^m. Вероятно, на поверхности Нептуна имеются две более светлые области, расположенные в противоположных полушариях планеты. Известный больше ста лет спутник Нептуна Тритон (его диаметр 2710 км) имеет обратное движение. МАС «Вояджер-2» в августе 1989 г. передала на Землю очень подробные изображения Нептуна. Обнаружено большое темное пятно (сходное с красным пятном Юпитера — рис. 65 вверху). Вокруг него — скопление клочковатых белых

Рис. 65. Вид Нептуна за два дня до сближения с ним «Вояджера-2». Верхний снимок: Темное пятно (левее центра) имеет период обращения 18,3 ч. На снимке видны также Темное Пятно-2 (внизу) и «скутер» между ними. Нижний снимок: призрачные кольца Нептуна с тремя арками в лучах Солнца (изображение Нептуна переэкспонировано)

облачков, подобных земным перистым облакам. Они с большой скоростью перемещаются с одних широт в другие. Скорость ветра в атмосфере достигает 1120 км/ч.

На рис. 66 даны размеры крупных спутников планет Земли, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна.

Поверхность Тритона очень яркая. Температура близка к 38 К. Открытые межгорные равнины покрыты дымкой, жидким или твердым веществом. Подтверждается наличие у Тритона атмосферы, состоящей в основном из азота. Кроме кратеров явно ударного происхождения и цепочек кратеров, заметны разломы, лавовые озера, полосы темных отложений. Период обращения Тритона совпадает с орбитальным периодом, около 5,9 земных суток. В 1949 г. был открыт второй, весьма слабый спутник Нептуна — Нереида. Его диаметр, вероятно, около 340 км. При пролете КА «Вояджер-2» были открыты еще шесть спутников, а также четыре кольца (рис. 65 внизу).

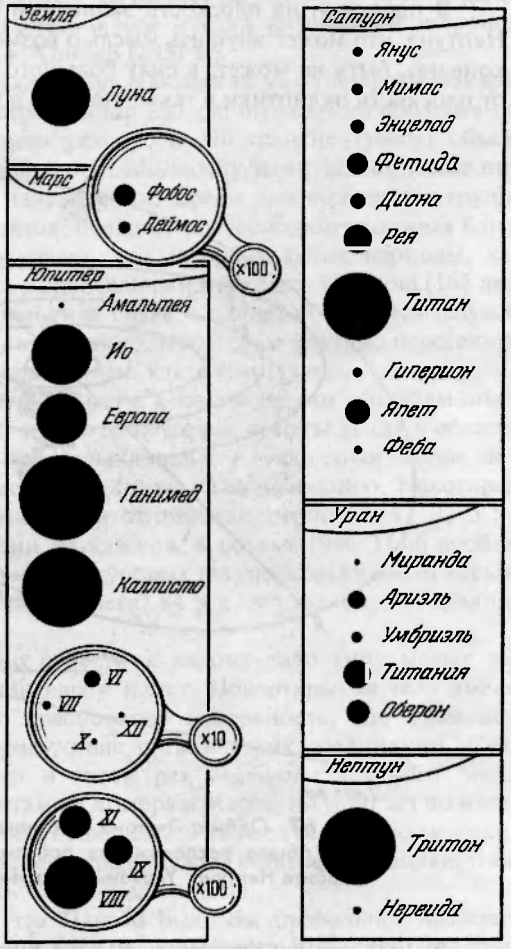


Рис. 66. Размеры крупных спутников планет по сравнению с самими планетами, кривизна которых показана небольшой дугой вверху каждой части рисунка. Масштаб для размеров спутников — 5000 км в 10 мм

1.6.9. Плутон

Самая далекая из открытых планет Солнечной системы — Плутон — была обнаружена 13 марта 1930 г. К. Томбо в США на фотографии как звезда 15^m. Нелегко было опознать ее среди миллионов звезд на небе! Плутон находится на среднем расстоянии около 40 а. е. Его орбита обладает большим эксцентриситетом (0,25) и большим наклоном к плоскости эклиптики (17°). Период обращения около 248,4 года. В 1989 г. Плутон прошел перигелий своей орбиты; с 1979 г. по 1998 г. он был ближе к Солнцу, чем Нептун. Период вращения Плутона равен 6,39 суток. Ничего определенного о характере поверхности Плутона сказать нельзя, так как его угловые размеры около $0{,}23''$ (Койпер). Известно, что планета меняет свой блеск на $0{,}1^m$ с периодом, равным периоду вращения. Кроме того, с 30-х гг. блеск V Плутона уменьшается на $\sim 0{,}01^m$/год, а цвет становится более красным. По последним измерениям диаметр Плутона 2400 км, т. е. около 0,2 земного, масса его $\sim 1/500$ земной. Следовательно, его средняя плотность 1,7 г/см^3. Температура поверхности Плутона 32 К. При такой низкой температуре большинство газов должно перейти в жидкое или твердое состояние. Замечено наличие в атмосфере метана.

В проекции на плоскость эклиптики орбита Плутона пересекается с орбитой Нептуна, что может внушить мысль о возможном столкновении этих планет. Этого, конечно, быть не может: в силу большого наклона орбиты Плутон отходит далеко от плоскости эклиптики в тех местах, где в проекции орбиты пересекаются (рис. 67).

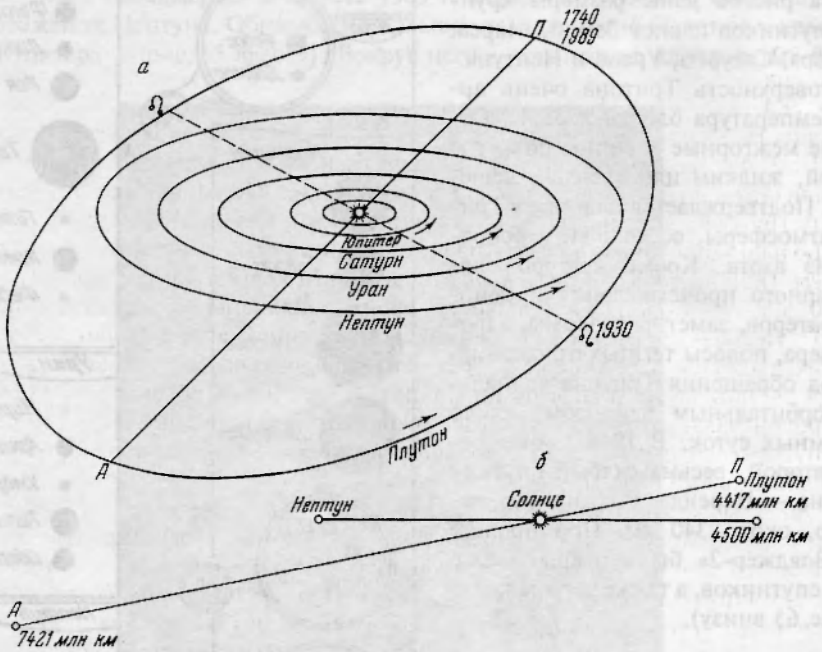


Рис. 67. Орбита Плутона по отношению к орбитам больших планет: *а* — общее расположение орбиты, *б* — наклон орбиты Плутона к орбите Нептуна. Указаны расстояния Нептуна и Плутона от Солнца

В 1978 г. Дж. Кристи и Р. Харрингтон (США) открыли спутник Плутона, названный Хароном. Угловое его расстояние от Плутона в среднюю оппозицию всего $0{,}84'' \pm 0{,}04''$. В линейной мере полуось орбиты спутника 19,4 тыс. км. Диаметр Харона 1200 км, т. е. Плутон как бы двойная планета. Период вращения Харона ($6{,}39^d$) совпадает с периодом его обращения вокруг Плутона, следовательно, спутник всегда повернут к планете одной своей стороной (как Луна к Земле). Харон обращается вокруг Плутона в плоскости экватора планеты, которая наклонена к его орбитальной плоскости на 57,5° (к эклиптике — на 64°). При этом Плутон и его спутник имеют обратное вращение.

Если принять за границу Солнечной системы расстояние, на котором сила притяжения Солнцем становится сравнимой с притяжением ближайших звезд, т. е. на расстоянии $\sim 200\,000$ а. е., то можно думать, что за Плутоном есть место не только для сверхдолгопериодических комет, но и для некоторых еще не открытых планет. Т. М. Энеев, исходя из предложенной им и М. Н. Козловым модели аккумуляции вещества планетной системы, предположил, что Плутон — один из астероидов неизвестного пояса, расположенного в среднем на расстоянии 52 а. е. от Солнца. Может быть и Харон — представитель этого же пояса астероидов?

На существование подобного пояса малых тел на расстоянии 35–50 а. е. от Солнца указывает и распределение орбит комет, о чем писали английский астроном К. Эджворс (1949 г.) и американский Дж. Койпер (1951 г.).

В конце 1992 г. Дейвид Джюит и Джейн Луу (Гавайский ун-т) впервые обнаружили за орбитой Нептуна объект диаметром около 280 км; он получил обозначение 1992 QB1. А к маю 2001 г. было открыто уже около 370 транснептунных объектов (см. подробнее на сайте http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/kb.html). Все они обращаются вокруг Солнца в прямом направлении. Среди них выделяется группа из нескольких десятков *плутино* — объектов, большие полуоси орбит которых близки к 39,4 а. е. (как у Плутона); это означает, что их орбитальные периоды, как и период Плутона (248 лет), соотносятся с орбитальным периодом Нептуна (165 лет) как 3 : 2. Возможно, именно эта резонансная связь с планетой-гигантом служит стабилизирующим фактором для движения плутино. Некоторые плутино пересекают орбиту Нептуна, но никогда не сближаются с ним, как и сам Плутон.

Большинство новооткрытых планеток отнесли к классическим объектам *пояса Койпера* (или *пояса Эджворса—Койпера*); их почти круговые орбиты лежат в области 40–50 а. е. от Солнца, а плоскости орбит наклонены к эклиптике менее чем на 40°. Несколько объектов не вписались в указанную классификацию. Некоторые из них движутся в резонансе с Нептуном при отношении периодов 4 : 3, 5 : 3 или 5 : 4; другие не попадают ни в один из классов, а объект 1996 TL66 вообще стал родоначальником особого класса транснептуновых тел, поскольку имеет весьма вытянутую ($e = 0{,}58$) орбиту с большой полуосью 84 а. е. и удаляется от Солнца в афелии втрое дальше Плутона.

Объекты за Нептуном пока трудно отнести к какому-либо типу малых тел Солнечной системы — к астероидам или ядрам комет. Новооткрытые тела имеют диаметр 100–800 км и очень темную красноватую поверхность, что указывает на ее древний состав и возможное присутствие органических соединений. Судя по оценкам, это скопление малых тел в сотни раз массивнее Главного пояса астероидов, расположенного между орбитами Юпитера и Марса, но уступает по массе гигантскому кометному облаку Оорта, простирающемуся на тысячи астрономических единиц от Солнца. Возможно, пояс Койпера представляет остаток протопланетной туманности, из которой сформировалась Солнечная система.

Некоторые планетологи считают, что Плутон было бы правильнее называть не «самой маленькой планетой», а «крупнейшим членом пояса Койпера». Действительно, Плутон и Харон пока лидируют в поясе Койпера по размеру и массе, а также представляют уникальный пример «двойной планеты».

§ 1.7. Кометы

«Хвостатые» или «волосатые» светила — кометы — с древних времен привлекали к себе внимание быстрым перемещением среди звезд по небу и изменениями своего внешнего вида. Из маленького размытого туманного облачка, которое становится ярче при приближении к Солнцу, постепенно развивается *хвост*; у иных комет он простирается на десятки градусов. Движения комет происходят как в прямом, так и в обратном направлении. У периодических комет прямое движение преобладает, короткопериодические кометы движутся только в прямом направлении. У 35 из 40 комет, наблюдавшихся повторно, наклоны были меньше 45°.

Кометы — самые удивительные небесные светила среди членов Солнечной системы. Некоторые из них бывают больше всех планет, а иные превосходят по размеру даже Солнце. Орбиты большинства комет обладают большими эксцентриситетами

и самыми различными наклонами к плоскости земной орбиты. Многие кометы в перигелии проходят очень близко к Солнцу, а в афелии удаляются на миллиарды километров, но не известно ни одной кометы, которая имела бы гиперболическую относительно Солнца орбиту, т. е. все они принадлежат Солнечной системе.

Ядро кометы — тело небольших размеров (от сотен метров до десятков километров), составленное из замороженных различных газов (или легкоплавких веществ, находящихся в газообразном состоянии при нормальном давлении и комнатной температуре), в которые вкраплены тугоплавкие каменистые частицы и пылинки разных размеров.

При приближении кометы к Солнцу под действием его лучей «льды» начинают испаряться и образуется туманная газообразная оболочка кометы, или *кома*. Вместе с ядром она образует *голову* кометы размером 10^3–10^6 км. Иногда кома представляется в виде резко очерченного гало параболической формы с вершиной, обращенной к Солнцу. У некоторых комет наблюдалось несколько как бы вложенных друг в друга гало. Они состоят из атомов и молекул газообразных OH (гидроксил), NH, CH, CN, CH_2, NH_2, C_2 и др. Эти молекулы легко распадаются под действием солнечного света. Световым давлением в хвост отталкиваются молекулы N_2, CO, CO_2 и др. Так как молекулы комы неустойчивы, то ядро должно состоять из более устойчивых молекул H_2O (водяной пар), NH_3 (аммиак), CH_4 (метан), CO_2 (углекислый газ) и т. д. Эти «родительские» молекулы образуют льдистые твердые вещества, в которые вкраплены ядра из метеорного вещества (включающего железо, кальций, магний, марганец, кремний, никель, алюминий, натрий и т. д.). Если частица имеет радиус 10^{-5} см, сила притяжения Солнцем и сила светового отталкивания будут равны; меньшие частицы и отдельные молекулы будут отталкиваться от Солнца. Кроме того, большое давление оказывает «солнечный ветер» и связанное с ним магнитное поле.

Таким образом, при приближении кометы к Солнцу в результате одновременного действия тяготения, лучевого давления и «солнечного ветра» происходит образование хвоста (рис. 68). Он всегда лежит в плоскости орбиты самой кометы и у большинства направлен от ядра в сторону, противоположную Солнцу; так что, удаляясь от Солнца, комета как бы пятится — идет хвостом вперед.

Кометные хвосты простираются иногда на десятки и сотни миллионов километров. Вместе с тем по сравнению с планетами кометы обладают весьма малыми массами, а следовательно, ничтожными плотностями. Для пяти комет оценки их масс заключались в пределах от $5 \cdot 10^{13}$ до $6 \cdot 10^{19}$ кг, а масса ядра кометы Галлея при его исследовании в 1986 г. с помощью космических зондов оказалась равной $6 \cdot 10^{14}$ кг при его размере $14 \times 8 \times 7$ км. Массы ядер комет, вероятно, заключены в пределах от 10^{11} до 10^{15} кг. Недаром их шутливо называют «видимое ничто». Представление о средней плотности вещества такой кометы могла бы дать 1/1 000 000 часть пшеничного зерна, растертая в порошок и развеянная в объеме зрительного зала Большого театра в Москве!

Вещество кометных хвостов настолько разрежено, что сквозь них видны звезды без всякого ослабления блеска. При удалении кометы от Солнца действие солнечного излучения слабеет, хвост уменьшается и постепенно исчезает.

Вещество кометных хвостов, в особенности у короткопериодических комет, непрерывно рассеивается в пространстве; оно пополняется за счет газов и пыли, выделяющихся из ядра. Хвосты комет бывают разных типов:

I. Прямые хвосты, всегда лежащие вдоль линии, соединяющей Солнце и ядро кометы (вдоль радиуса-вектора кометы), — это *хвосты первого типа* по классификации Ф. А. Бредихина — С. В. Орлова. Они состоят из однажды ионизованных

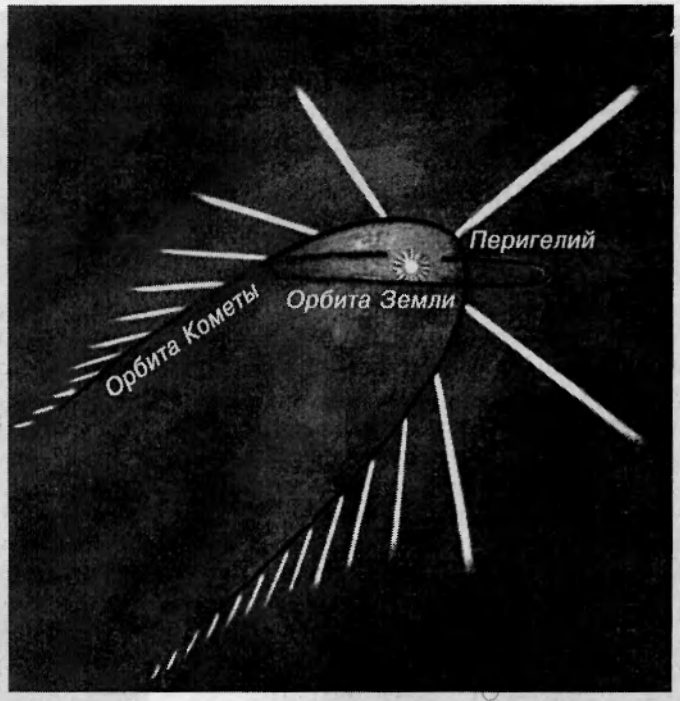


Рис. 68. Развитие кометного хвоста

азота (N_2^+) и окиси углерода (CO^+), слабое свечение дают ионизованные молекулы CO_2^+ и CH^+. Хвост первого типа имели, например, комета Галлея и комета Веста (рис. 69).

II. Прямые хвосты, отклоняющиеся от радиуса-вектора кометы в сторону, обратную движению кометы, а также сильно изогнутые хвосты, относятся ко *второму типу*. Они состоят из нейтральных молекул тех же соединений, которые наблюдаются в хвостах I типа, и из мельчайших пылинок (пылевые хвосты) со средними размерами около 10^{-5} см и массами порядка 10^{-13} г. Хвост II типа имели яркая комета Донати и комета Мркоса.

III. *Хвосты третьего типа* — короткие и сильно отогнутые от радиуса-вектора кометы — состоят из пылинок различных размеров (больше 10^{-5} см), отражающих солнечный свет.

Очевидно, что не все молекулы, составляющие комету, нам известны; для многих излучение лежит в пока недоступной области спектра. Изучение комет с ИСЗ, посылка специальной ракеты «внутрь» кометы значительно обогатили наши знания природы комет.

В образовании кометных хвостов основным является увлечение мельчайших частиц и ионизованных молекул солнечным ветром. Некоторое значение имеет также отталкивательное действие солнечных лучей — *световое давление*, открытое в 1900 г. знаменитым русским физиком П. Н. Лебедевым. Действие этих сил особенно заметно проявляется на мельчайших пылевых частицах и на газах, выделяемых кометой при приближении к Солнцу. На расстоянии 1 а. е. от Солнца световое давление солнечных лучей составляет $4{,}6 \cdot 10^{-6}$ Н/м^2. В хвостах комет наблюдались

Рис. 69. Комета Веста, 1976 г.

ускорения, соответствующие силам, в 100–1000 раз бо́льшим силы солнечного притяжения. Иногда в ядре кометы происходит нечто вроде взрывов, тогда из ее головы вылетает облачко, которое быстро движется вдоль хвоста кометы. В итоге комета может потерять до 1 % своей массы при каждом прохождении около Солнца. Наблюдения за облачными образованиями в хвостах комет и определение скорости их движения и иногда значительных ускорений очень существенны для изучения природы комет.

Исследования спектров комет и анализ всех данных наблюдений о формах голов и хвостов комет приводят к следующему заключению о составе различных частей кометы: ядро размером от 0,5 до 20 км помимо каменистых и железистых веществ содержит «льды» различных газов; голова — циан (CN), углерод (C_2), а также NH_2, C_3, OH, CH, NO, NaI, OI, CH^+, OH^+ и NH в газообразном состоянии (в ко́ме); хвосты — газовые (CO^+, N_2^+, CO_2, CN и OH^+) и пылевые, состоящие из частичек

со средним поперечником около 100 нанометров (нм). В спектре кометы 1957d были обнаружены линии излучения кислорода.

Число открываемых комет увеличивается от века к веку: XV в. — 11 комет, XVI — 13, XVII — 21, XVIII — 63, XIX — 314 комет; в XX в. было открыто более 800 комет. Комета редко видна простым глазом, а комета с большим хвостом — вообще весьма редкое явление. Пять-шесть раз в столетие появляются кометы, привлекающие всеобщее внимание своей яркостью и длиной хвоста. Из 566 комет, для которых до 1990 г. были вычислены орбиты, 91 комета с периодами обращения вокруг Солнца от 3,3 до 76 лет наблюдались более одного раза вблизи Солнца (до 41 раза) (табл. 30). Около 50 комет описывают свои эллиптические орбиты с периодами до 100 лет и наблюдались вблизи Солнца лишь однажды. Для некоторых комет вычисленные периоды превышают 800 лет. Как исключение, встречаются кометы с орбитами планетного типа, т. е. близкими к круговым и мало наклоненными к плоскости эклиптики (кометы Швасмана—Вахмана 1, Отерма 3 и некоторые другие). Движения комет совершаются как в прямом направлении (т. е. совпадающем с общим направлением движения планет), так и в обратном (угол наклона больше 90°). Имеется ряд короткопериодических комет («6-летние»), обнаруживающих определенную связь с Юпитером («семейство комет Юпитера»). Эта связь проявляется в том, что почти все они движутся в том же направлении, что и планеты, наклоны орбит к плоскости эклиптики невелики и афелии всех комет этого семейства близки к орбите Юпитера (рис. 70). Другое семейство («13-летние») принадлежит Сатурну, семейство «33-летних» — Урану, а «75-летних» — Нептуну.

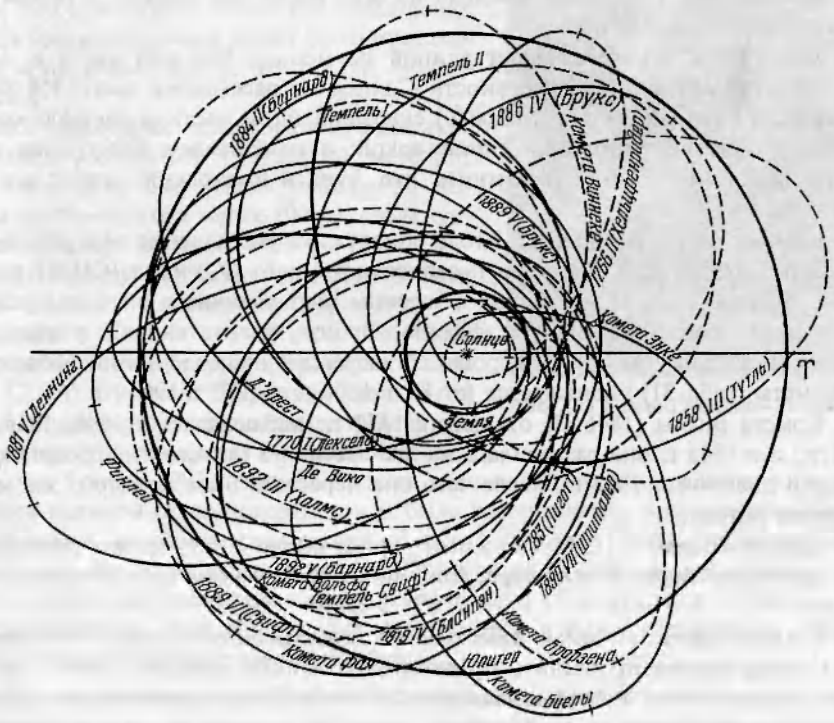


Рис. 70. Орбиты короткопериодических комет семейства Юпитера

Имеется ряд групп комет, обладающих близкими элементами орбит. Возможно, что каждая такая группа образовалась в результате постепенного распада одной какой-то кометы. Известно немало комет, элементы орбит которых под влиянием Юпитера (при близком от него прохождении) обнаружили заметные изменения и даже переходили из одного «семейства» в другое. Так, комета 1770 г. по вычислениям Лекселя получила эллиптическую орбиту с $P = 5{,}6$ года после прохождения вблизи Юпитера (на расстоянии 0,023 а. е.) в 1767 г. Через два обращения Юпитер вновь изменил ее орбиту, после чего эту комету уже больше не видели.

Каталог Ф. Бальде (1960 г. с дополнениями до 1963 г.) содержит 1606 комет, зарегистрированных с 2315 г. до н. э. по 1963 г. В дальнейшем сведения о кометах появлялись в разных изданиях Международного астрономического союза и каждые 3–5 лет сводились в каталоги кометных орбит. Данные о кометах см. на сайте МАС: http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/cometlists.html

Повторное образование хвоста при периодических возвращениях к Солнцу понемногу истощает комету. У ряда комет замечено постепенное ослабление их блеска (кометы Энке, Галлея и др.). Кометы Холмса (1892 III) и Швасмана—Вахмана (1925 II), имеющие круговые орбиты, обнаруживали резкие и значительные вспышки — временные увеличения блеска, вероятно, связанные со вспышками на Солнце и взаимодействием комет с «порывами» солнечного ветра — особенно мощными облаками заряженных солнечных корпускул.

Из наиболее замечательных комет прошлого отметим следующие:

1. Комета 1811 I — самая большая из всех известных комет; ее голова была больше поперечника Солнца.

2. Комета 1882 II имела хвост длиной не меньше 900 млн км, т. е. 6 а. е.; кроме того, она прошла от поверхности Солнца на расстоянии всего 450 000 км, т. е. пронеслась (со скоростью 480 км/с) сквозь внешние части солнечной короны. Эта комета одновременно была самой яркой: в наибольшем блеске она имела звездную величину $-16{,}9^m$. Напомним, что Луна в полнолуние имеет звездную величину всего $-12{,}6^m$.

3. Комета Энке с периодом 3,3 года обнаружила уменьшение периода обращения вокруг Солнца. А. Д. Дубяго и независимо от него Ф. Уиппл (США) предположили, что ядро кометы вращается, а частицы, испаряющиеся с его поверхности, создают своего рода «реактивный эффект». Орбита, рассчитанная с учетом этого явления С. Г. Маковером (ИТА), хорошо согласуется с наблюдениями. Абсолютный блеск кометы (табл. 31) уменьшается (от 8^m в 1800 г. до 17^m в 1963 г.).

4. Комета Биелы (1846 II) открыта в 1772 г.; наблюдалась в 1806, 1815, 1826 и 1832 гг.; а в 1845 г. она разделилась на две части «на глазах» у наблюдателей. Ее наблюдали двойной в 1852 г., после чего она перестала быть кометой, дав начало метеорному потоку.

5. Комета Отерма 3 (1942 VII) имеет период около 8 лет; орбита расположена между орбитами Марса и Юпитера. Доступна наблюдениям на протяжении всей орбиты.

6. Комета Галлея — самая известная из периодических комет. Ее возвращения к Солнцу можно проследить по летописям многих народов с 466 г. до н. э. Большое исследование истории появлений кометы Галлея принадлежит польскому астроному М. Каменскому, который связал их с некоторыми историческими событиями и мог тем самым уточнить их датировку. Последнее ее возвращение

было в 1986 г. Для Земли условия наблюдения были менее благоприятные, нежели в 1910 г. Помимо многочисленных наблюдений на Земле, как профессиональных астрономов, так и любителей, комету наблюдали пять КА, из которых три: советские «Вега-1» и «Вега-2» и европейский «Джотто», прошли очень близко к комете и зарегистрировали само ядро кометы Галлея.

7. Комета Вискара (1901 I) — очень яркая комета, имевшая четыре хвоста, раскинутых веером; ядро ее было совершенно лишено туманной оболочки.

8. Комета Делавана (1914 V) имеет афелий около 170 000 а. е.; соответственно период ее должен быть около 24 млн лет.

9. Комета Аренда—Ролана (1957 VII), одновременно имела хвосты I и II типов, причем вследствие особенности расположения относительно Земли, которая пересекала плоскость орбиты кометы, хвост II типа выглядел как очень узкий длинный луч, направленный к Солнцу (рис. 71). Это первая комета, у которой обнаружено радиоизлучение хвоста (радиоизлучение комет было предсказано за несколько лет до этого С. М. Полосковым).

Рис. 71. Комета Аренда—Ролана 1957 г.

10. Некоторые исследователи полагают, что так называемый Тунгусский метеорит на самом деле был ядром небольшой кометы (поперечником менее 100 м), столкнувшейся с Землей 30 июня 1908 г.

11. Комету Шумейкеров—Леви-9 открыли вблизи Юпитера 24 марта 1993 г. Кэролайн и Юджин Шумейкеры совместно с Дэвидом Леви (обсерватория Маунт Паломар, США). В момент открытия ядро кометы уже выглядело разрушенным и растянувшимся в цепочку фрагментов. Вычисления показали, что 9 июля 1992 г. комета прошла вблизи Юпитера на расстоянии половины радиуса планеты от ее поверхности и была разорвана его притяжением более чем на 20 частей. До разрушения радиус ее ядра был около 20 км. Растянувшись вереницей, осколки кометы удалились от Юпитера по эллиптической орбите, а в июле 1994 г. вновь приблизились к нему и поочередно столкнулись с облачной поверхностью Юпитера, каждый раз вызывая мощный взрыв, разрывавший облачность и обнажавший глубокие слои атмосферы.

Давно уже обнаружена связь некоторых метеорных потоков с кометами, двигавшимися ранее по тем же орбитам (см. ниже). О происхождении самих комет см. § 1.9.

§ 1.8. Метеоры. Метеориты. Зодиакальный свет и противосияние

Метеоры, или «падающие звезды» — это кратковременные световые явления в земной атмосфере (рис. 72), вспышки, порожденные небольшими частицами космического вещества (так называемыми *метеорными телами* массой от тысячных долей грамма до нескольких граммов), которые с огромными скоростями в десятки км/с в огромном количестве влетают в атмосферу. Нагреваясь от трения о воздух, такие частицы раскаляются, дробятся, порождая вторичные вспышки вдоль своего пути, и распыляются, не достигая Земли. Пролетая в атмосфере, метеорное тело ионизует атомы и молекулы воздуха и заставляет их светится. Яркость и цвет метеора зависят от массы метеорной частицы и от величины относительной скорости метеора и Земли. «Встречные» метеоры (скорости до 75 км/с) загораются на большей высоте, они ярче и белее; «догоняющие» метеоры (скорости от 14 км/с) — на меньшей высоте, они всегда слабее и желтее.

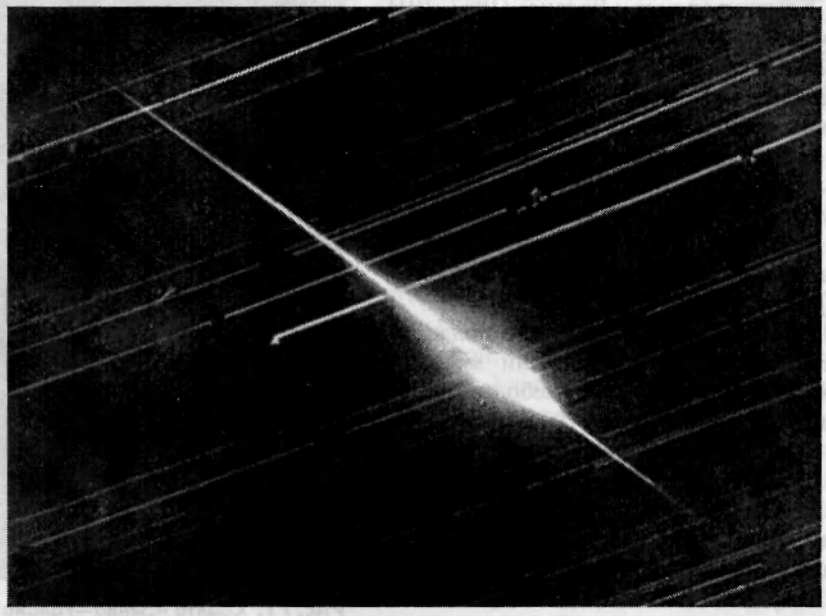


Рис. 72. Яркий метеор со вспышкой, сфотографированный с помощью метеорного патруля Института астрофизики АН Таджикистана 11.08.1964 г. (П. Б. Бабаджанов)

Ни одно метеорное тело не имело гелиоцентрической скорости больше 42 км/с, т. е. не имело *гиперболической скорости* (см. § 3.5, с. 267). Следовательно, все они принадлежали Солнечной системе.

Свечение метеора в основном происходит на высоте от 120 до 80 км. Все явление длится от долей секунд до 3–5 секунд. Спектры ярких метеоров в наши дни неоднократно получали и любители астрономии. Их исследования привели к обнаружению эмиссионных линий следующих элементов: Na I, Mg I, Al I, Si I, Mn I, Fe I, Ni I, а также H, N, O, Mg II, Si II, Ca II, Fe II. В инфракрасной части спектра наблюдается 15 линий N I, O I и C II. Все эти элементы, за исключением N и отчасти O,

принадлежат самому метеорному телу. Спектры метеоров одного потока одинаковы, но отличны от спектров метеоров другого потока. Так, например, спектры метеоров потока Драконид (геоцентрическая скорость 23 км/с) не показывают линий ионизованных элементов, а в спектре Персеид (60 км/с) сильны линии Ca II, Mg II и Si II.

Исходя из данных наблюдений можно считать, что в атмосфере всей Земли вспыхивает в сутки около 10^8 метеоров, которые были бы доступны наблюдению в ночное время невооруженным глазом. Общее же число метеорных частиц, включая и самые мелкие (микрометеориты), исчисляется сотнями миллиардов. Число метеоров быстро увеличивается по мере ослабления их блеска. Общая масса метеорного вещества, проникающего в земную атмосферу, составляет в среднем около 60 т в сутки или $\sim 10^4$ т в год. Оценка возраста метеоритов дает 4,5 млрд лет, что согласуется с оценками возрастов земных пород и образцов с поверхности Луны.

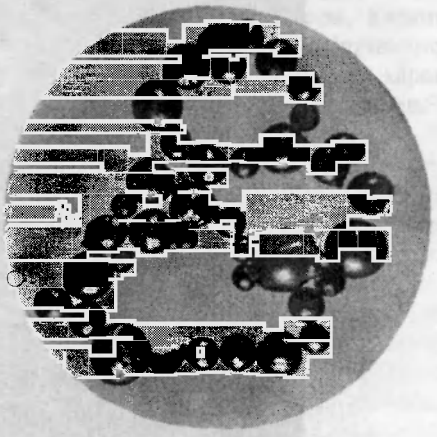


Рис. 73. Сильно увеличенная фотография метеорной пыли из района падения Тунгусского метеорита

Микрометеориты — метеорные тела исключительно малых размеров (порядка нескольких микрометров) и массы в 10^{-8}–10^{-12} г. Их присутствие в космическом пространстве регистрируется специальными приборами, устанавливаемыми на ИСЗ. Кроме того, блестящая полированная поверхность космического корабля после возвращения на Землю оказывается матовой, испещренной крошечными «оспинками» — следами столкновения с микрометеоритами. Микрометеориты, или метеорную пыль (рис. 73) нередко собирали на Земле (на специально разостланных полотнищах либо на снежном покрове в горах). Возможно, что общая масса микрометеоритов, выпадающих на Землю, во много раз превосходит общую массу метеоритов. Иногда число столкновений ИСЗ с микрометеоритами возрастает в сотни раз. Очевидно, что ИСЗ попадает в рой микрометеоритов, которые движутся вокруг Солнца подобно обычным метеорным роям, дающим метеорные потоки.

Естественно, что в каждой точке земной поверхности, даже наблюдая всю видимую полусферу неба, мы можем держать под контролем лишь весьма малую часть земной атмосферы. Из рис. 74 можно усмотреть, что в предутренние часы число метеоров («встречных») относительно больше, чем в вечерние.

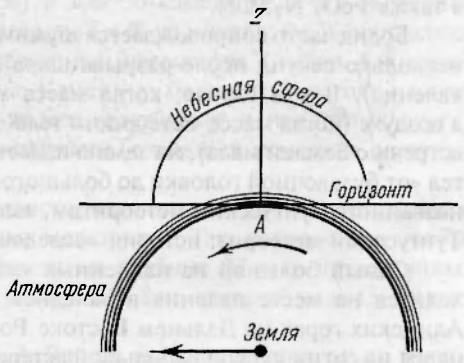


Рис. 74. Обозримая часть атмосферы Земли. Находясь в точке A, мы видим половину небесной сферы, но малую долю земной атмосферы и, следовательно, малую долю метеоров, падающих на Землю

В тех весьма редких случаях, когда метеорная частица достаточно велика, она порождает в атмосфере явление несравненно более грандиозное, чем метеор, — *болид*. Болид наблюдается как большой ярко светящийся шар (превосходящий Венеру в максимуме ее блеска) с длинным

Рис. 75. Болид

следом, днем — темным, ночью — светящимся (рис. 75). В тех редких случаях когда удавалось снять спектр болида, в нем обнаружены линии Fe, Na, Ca, Mg, Cr, Al, Si, а также FeO, N_2, CN.

Болид часто сопровождается шумом, свистом и грохотом, которые слышны через несколько секунд после разрыва шара на мелкие куски (этим обычно завершается явление). В том случае, когда масса метеорного тела не успевает вся рассеяться в воздухе (когда масса метеорного тела достаточно велика, а относительная скорость встречи с Землей мала), на землю падает метеорит (см. рис. 251). Размеры метеорных тел «от булавочной головки до большого дома». Об изучении явления 30 июня 1908 г., названного Тунгусским метеоритом, имеется большая литература (см. *Бронштэн В. А.* Тунгусский метеорит: история исследования. М.: А. Д. Сельянов, 2000).

Самый большой из найденных метеоритов — железный метеорит Гоба — находится на месте падения в Западной Африке. Его масса около 60 т. В Сихотэ-Алинских горах на Дальнем Востоке России 12 февраля 1947 г. на высоте 6 км распался на сотни кусков небольшой астероид с массой около 70 т и выпал в виде дождя железных метеоритов на площади в несколько квадратных километров, образовав ямы и воронки глубиной до 5 м. В течение нескольких лет экспедиции специалистов выезжали на место падения, где находили части метеорита (самый большой из найденных обломков имеет массу 1750 кг). В сутки на Землю падает около 1000 метеоритов со средней массой несколько десятков килограммов. А находят —

несколько в год! К началу 1980-х гг. были известны метеориты более 3000 падений; некоторые из них выпали в виде сотен обломков первоначального метеорного тела. В 1990-х гг. планомерные поиски метеоритов в Антарктиде, Сахаре и Австралии принесли еще несколько тысяч находок. Метеориты хранятся в специальных музеях или особых отделах минералогических музеев. Таковы коллекции в Минералогическом музее АН России в Москве, Геологическом музее в Киеве, Горном музее в Санкт-Петербурге, университетских музеях Санкт-Петербурга, Одессы, Казани, Харькова, Тарту, Львова, Саратова и некоторых других музеях. На полированной и протравленной кислотой поверхности шлифа железного метеорита видны характерные *видманштеттеновы фигуры* (рис. 76), характерные только для метеоритов.

Рис. 76. Видманштеттеновы фигуры

При помощи химического и спектрального анализов в метеоритах обнаружены почти все известные химические элементы.

По своему составу метеориты бывают железные (6 % массы всех собранных при падениях метеоритов), каменные (93 %) и железо-каменные (1 %). Железные метеориты состоят в среднем на 91 % из железа, на 8,4 % из никеля; 0,6 % составляют кобальт, сера, фосфор и т. д. Впервые в железных метеоритах Сихотэ-Алинского падения были обнаружены золото и платина. Каменные метеориты состоят из окислов кремния, магния, натрия, кальция, железа, алюминия и некоторых других элементов. Каменные метеориты делят на *хондриты* (содержащие мелкие округлые зерна — хондры) и *ахондриты*.

Падения метеоритов происходили и в доисторические времена, свидетельством чего служат несколько известных ископаемых метеоритов. Так, например, в ноябре 1957 г. в одной из шахт Магаданской области на глубине 32 м в четвертичных отложениях найден был железный метеорит массой в 18,8 кг, который упал 15–20 тыс. лет назад, уже в послеледниковую эпоху.

Советский исследователь метеоритов А. А. Явнель выделял до пяти групп метеоритов, отличающихся химическим составом и, вероятно, происходивших от разных небесных тел либо разных частей первоначального небесного тела. Кристаллическая структура показывает, что метеориты образовались в условиях высоких давлений и температур, что может свидетельствовать о сравнительно крупных телах, породивших эти метеориты.

Возраст недр метеорита, защищенных внешним слоем от бомбардировки космическими лучами, определяется аналогично возрасту земных пород по радиоактивному распаду. Он заключен в пределах от сотен миллионов лет до 4,6 млрд лет, т. е. лишь на 100 млн лет больше возраста Земли и, быть может, близок к возрасту всей Солнечной системы.

Известно несколько случаев падения ледяных метеоритов, вероятно, ядер микрокомет. Ледяной метеорит быстро тает, издавая неприятный запах сероводорода и аммиака. Высыхая, он оставляет белый налет.

Большое внимание уделяется загадочным темно-зеленым или черным полупрозрачным мелким стекловидным телам округлой формы, получившим название *тектитов* (от греческого слова «тектос» — оплавленный). Их находили в различных местах земного шара [25]. Оказалось, что еще пещерные люди 25 000 лет назад применяли их для различных целей, индонезийцы украшали ими изображение своих богов. Фольклор разных континентов дает им названия, подчеркивающие их космическое происхождение («солнечные камни», «лунные шары», «лунные камни», «слезинки неба» и т. д.). Большинство тектитов имеют размеры грецкого ореха, самые большие весят сотни граммов, а отдельные образцы достигали нескольких килограммов. Форма тектитов — шар, яйцо, груша, луковица, капля, столбик, иногда диски, нередко с утолщением по краям. Химический состав тектитов заметно отличается от метеоритного. Для разных «тектитных полей» химический состав несколько различен, но в среднем они состоят из SiO_2 — 73 %, Al_2O_3 — 12 %, FeO — 4,5 %, CaO — 2,8 %, MgO — 2,2 %, Na_2O — 1,4 %, TiO_2 — 0,7 % и др.

В ряде мест обнаружены следы выпадения «тектитных дождей» с эллипсом рассеяния размером от нескольких сотен до тысяч километров. Разгадка происхождения тектитов требует новых находок и новых исследований свойств этих загадочных космических пришельцев. Возможно, что тектиты — продукт переработки горных пород при сверхвысокой температуре, но необязательно земных пород.

Подавляющее большинство метеорных тел образуется при распаде комет и долгое время остается объединенным в *рои*. Когда путь Земли в пространстве пересекается с путем *метеорного роя*, мы наблюдаем *метеорный поток*. Частицы, составляющие метеорные рои, движутся в пространстве по эллиптическим орбитам вокруг Солнца. В настоящее время вычислены орбиты более 700 метеорных роев. По эллиптическим орбитам (притом также в прямом направлении) двигались и все метеориты, выпавшие на Землю, болиды и отдельные метеорные тела, движение которых было изучено. За последние десятилетия установлена прямая связь восьми метеорных потоков с кометами, которые, распадаясь и рассеиваясь вдоль орбиты, дали начало метеорным роям. Таковы, например, Персеиды (комета 1862 III), Лириды (комета 1861 I), Леониды (комета 1866 I).

В качестве иллюстрации приведем сопоставление элементов орбит кометы 1866 I (она же комета 55P Темпеля—Тутля) и метеорного потока Леонид (табл. VI).

О существовании метеорного роя мы узнаем, когда его частицы врываются в атмосферу, порождая поток метеоров. Одни потоки повторяются ежегодно, другие наблюдаются лишь изредка. Это связано со структурой роя. В молодом рое, недавно образовавшемся от кометы-родоначальницы, частицы будут сосредоточены в ограниченном объеме пространства, образуя сгущение на каком-то участке орбиты. Такие метеорные потоки будут проявлять себя и наблюдаться сравнительно короткое время. Если под влиянием планетных возмущений рой со временем становится

[25] В течение нескольких лет тектиты находили в Северном Приаралье, в месте со следами гигантского взрыва, очевидно, связанного с падением большого метеорита.

Таблица VI

Параметры орбит кометы 1866 I и метеорного потока Леонид

Параметр орбиты	Комета	Леониды
Период	33,2 года	33,3 года
Перигельное расстояние	0,977 а. е.	0,986 а. е.
Эксцентриситет	0,906	0,905
Наклонение	163°	163°
Долгота узла	231,15°	231,5°
Долгота перигелия	60°	56°

более широким и «расползается» вдоль всей эллиптической орбиты, поток будет наблюдаться каждый год довольно долго, и часовое число метеоров будет меньше меняться от года к году — интенсивность потока будет примерно одной и той же каждый год. Так, например, Персеиды наблюдаются уже несколько десятков лет в определенные дни года (табл. 33).

В эпохи активности метеорного потока метеоры кажутся как бы вылетающими из одной определенной области неба, из небольшой площадки в определенном созвездии, которое и дает название потоку. Таковы, например, потоки Персеид, Лирид, Драконид и т. д. Название некоторых потоков связано с кометой-родоначальницей:

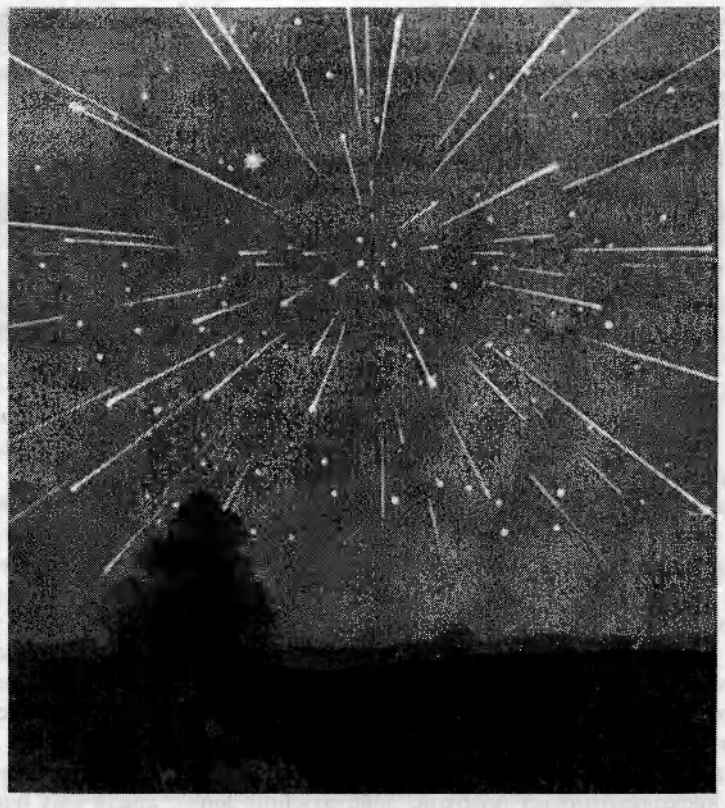


Рис. 77. Метеорный радиант

Биелиды, Понс-Виннекиды и др. Наблюдаемые участки траекторий метеоров сравнительно малы, мы можем их считать прямолинейными, а если продолжить назад пути метеоров какого-либо одного потока, нанесенные на звездную карту, то все они пересекутся практически в одной точке, называемой *радиантом* (рис. 77). Видимые пути метеоров расходятся вследствие законов перспективы. В действительности в пространстве метеорные частицы движутся параллельно друг другу (рис. 78). Весьма редко наблюдалось замечательное зрелище «звездного дождя» (таковы, например, «дожди» Драконид в 1933 и 1946 гг.). Это явление происходит тогда, когда метеорный рой и Земля одновременно подойдут к точке пересечения их орбит. Поток Драконид действует в течение 4–6 часов, причем в максимуме численность составляет 4–6 тыс. метеоров в час.

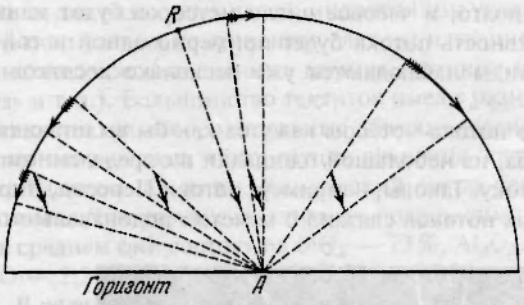


Рис. 78. Объяснение видимого расхождения путей метеоров, которые влетают в атмосферу Земли параллельными путями. A — наблюдатель, R — точка радианта (или просто радиант)

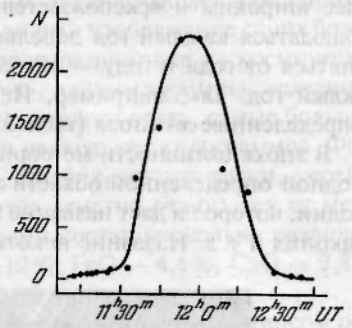


Рис. 79. Изменение числа метеоров N в минуту потока Леонид 17 ноября 1966 г.

Метеорный поток Леонид известен почти 3800 лет. Каждые 33,25 года до конца XIX в. повторялись обильные звездные дожди из этого радианта. Правда, в 1899 и 1933 г. поток как будто бы иссяк (часовое число метеоров упало до нескольких десятков), но в 1965 г. он вновь начал усиливаться (часовое число 500), а в 1966 г. стал исключительно мощным (150 000 метеоров в час; см. рис. 79). Довольно мощным (3000/час) он был и в 1998–1999 гг.

Если радиант наблюдается несколько дней, то можно обнаружить, что он смещается среди звезд. Это так называемое *суточное смещение радианта* связано с тем, что вследствие кривизны орбит Земли и метеорного роя ото дня ко дню меняются условия встречи Земли с метеорными частицами.

Возмущающее действие больших планет, в первую очередь Юпитера, на метеорные рои может привести к тому, что Земля перестанет (навсегда или на некоторое время) встречать какой-либо из известных ранее метеорных роев (что и случилось с наиболее плотной частью роя Леонид в конце XIX — начале XX века) или же, наоборот, встретится с ранее не наблюдавшимся роем.

После второй мировой войны были разработаны очень чувствительные *радиолокационные методы* наблюдения метеоров и метеорных потоков (метод регистрации радиоэха от ионизованной трубки метеорного следа, который существует от долей секунды до нескольких секунд). Эти наблюдения можно производить в любую погоду, и ночью, и днем. Таким путем были прослежены некоторые известные потоки и открыто несколько новых потоков, действующих днем; среди них очень интенсивный поток с радиантом в созвездии Рыб, действующий в дневные часы в мае.

Определение их скорости подтвердило вывод о том, что метеорные тела образовались в пределах Солнечной системы, а не пришли из межзвездного пространства.

Наряду с метеорными частицами кометного происхождения, дающими метеорные потоки, в Солнечной системе имеются метеорные тела, возникшие при столкновениях астероидов и разлетевшиеся по индивидуальным орбитам. Ими порождается большинство болидов, а метеориты являются остатками именно таких астероидных осколков. Астероидные метеоры не наблюдаются в виде потоков. Вместе с метеорами рассеявшихся роев и метеорами слабых, еще не выявленных потоков их называют *спорадическими*.

В последние годы обнаружены *циклиды* — метеорные тела, орбиты которых почти совпадают с земной. Их известно около 40, совокупность их орбит образует как бы тор, внутри которого движется Земля.

Зодиакальный свет. В безлунные ночи в южных широтах, а в редких случаях и в средних широтах (в феврале — марте вечером на западе после заката Солнца и в сентябре — октябре утром на востоке перед его восходом) можно видеть слабо светящийся наклонно стоящий клин, ось которого располагается вдоль эклиптики (рис. 80). Клин этот тянется на расстояние до 60–80° по обе стороны от Солнца и у горизонта имеет 20–30° в ширину. Правда, из-за сумерек зодиакальный свет нельзя проследить ближе чем на 30° от Солнца. С другой стороны, во время полных солнечных затмений можно проследить солнечную корону вплоть до 7–7,5° от центра Солнца. Эта корона дает спектр поглощения, подобный спектру зодиакального света. Иногда можно видеть, как восточная и западная части зодиакального света, продолжаясь еще дальше, как бы смыкаются, образуя в области неба, противоположной Солнцу, светлое пятно овальной формы длиной 10–20°, так называемое *противосияние*. Оно также несколько вытянуто вдоль эклиптики. Наибольшую высоту над горизонтом противосияние имеет зимой около полуночи. Яркость зодиакального света испытывает колебания соответственно колебаниям солнечной активности (например, после хромосферных вспышек).

Зодиакальный свет иногда превосходит по яркости облака Млечного Пути; он не имеет резких очертаний и постепенно сливается с фоном неба. В безлунную темную ночь, даже вдали от самого клина зодиакального света, до 60 % общей светимости фона ночного неба надо отнести за счет слабого свечения зодиакального света. Наблюдения зодиакального света, а также противосияния возможны лишь в темные, безлунные ночи при достаточно прозрачной атмосфере.

Рис. 80. Зодиакальный свет

Спектральные исследования показывают, что явление зодиакального света состоит в рассеянии солнечного света в основном многочисленными частицами метеорной пыли, причем ближе к Солнцу расположены более мелкие частицы, но, вероятно, поперечником не меньше 0,01 мм. В целом это линзообразное облако межпланетной пыли, вытянутое вдоль эклиптики и распространяющееся за орбиту Земли.

Рис. 38 показывает связь зодиакального света и внешней короны Солнца. Противосияние — результат рассеяния солнечного света пылинками, находящимися за пределами земной орбиты.

Частицы пылевого вещества под действием *эффекта Пойнтинга—Робертсона* постепенно выпадают на Солнце, и, следовательно, должны пополняться извне. Эффект Пойнтинга—Робертсона заключается в торможении гелиоцентрического движения космических частиц солнечным светом. В результате этого мелкие метеорные частицы движутся вокруг Солнца по спиральным траекториям, уменьшая размер и эксцентриситет свох орбит. Окружающее Солнце метеорное вещество как бы «всасывается» им и падает на его поверхность. Аналогичный эффект может привести к движению частиц по планетоцентрическим спиралевидным траекториям вблизи планет. Источником пылевого вещества могут быть постепенно разрушающиеся периодические кометы, а также малые планеты, которые, сталкиваясь меж собой и дробясь, образуют мелкие обломки и пыль.

§ 1.9. Происхождение планет и комет

Происхождение планет. Происхождение Земли и планет интересовало людей задолго до того, как оказалось возможным, используя познанные законы природы и данные наблюдений, приступить к научной разработке космогонических вопросов. Гипотезы, выдвинутые в XVIII и XIX вв. для объяснения происхождения планет, были в значительной части умозрительными и механическими; они не учитывали физической стороны явлений.

Основные факты, которые должна объяснить космогоническая теория, следующие:

1) планеты движутся в плоскостях, близких к плоскости эклиптики, а также к плоскости солнечного экватора;

2) все планеты и спутники движутся в одном (прямом) направлении, за исключением нескольких далеких спутников больших планет;

3) в эту же сторону вращаются вокруг своих осей планеты (кроме Венеры, Урана и Плутона);

4) расстояния от Солнца увеличиваются закономерно при переходе от одной планеты к другой. Эмпирически это правило было найдено в 1766 г. Тициусом и изложено в 1772 г. Бодé. Вот это правило: $a_n = 0{,}4 + 0{,}3 \cdot 2^n$, где a_n — расстояние планеты от Солнца, выраженное в а. е., n — номер планеты, начиная с 0 для Венеры (для Меркурия $n = -\infty$).

Вот как выполняется это правило:

Планета	Меркурий	Венера	Земля	Марс		Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
n	$-\infty$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
a_n (формула)	0,4	0,7	1,0	1,6	2,8	5,2	10,0	19,6	38,8	77,2
a_n (реально)	0,39	0,72	1,00	1,52	2,68	5,20	9,55	19,19	30,07	39,52

Отсутствие планеты, соответствующей $n = 3$ (среднее расстояние от Солнца 2,8), заставило предпринять специальные поиски недостающей планеты, увенчавшиеся открытием 1 января 1801 г. Цереры, а затем многих других астероидов. Правило хорошо удовлетворялось для планет от Меркурия до Урана; для Нептуна и Плутона получались большие расхождения;

5) планеты делятся на две группы по массе, размерам, плотности и химическому составу: планеты земного типа и более далекие от Солнца планеты-гиганты;

6) Солнце содержит 99,87 % массы всей системы, но на его долю приходится лишь 2 % общего момента количества движения [26)].

К этим основным фактам можно прибавить и другие, которые также нельзя объяснить случайными причинами; их нужно рассматривать наряду с происхождением и развитием планетной системы в целом.

Классические космогонические гипотезы происхождения планет из сжимающейся и вращающейся газовой туманности, отделяющей от себя кольца (Лаплас), или из облака метеоритных пылевых частиц (Кант), хотя и были для своего времени прогрессивными, так как содержали идею развития, все же оказались несостоятельными. Выяснилось, что процесс конденсации вещества такой туманности в планеты не мог протекать так, как это предлагали Кант и Лаплас. Кроме того ныне существующее распределение общего момента количества движения между Солнцем и планетами также нельзя было объяснить в рамках этих гипотез.

Сменившие их многочисленные гипотезы, и в том числе известная гипотеза Джинса (встреча с Солнцем звезды, породившая на его поверхности громадную приливную волну, вершина которой оторвалась вслед за звездой и разбилась затем на отдельные сгустки-планеты), не могли справиться с объяснением распределения момента количества движения и некоторых других черт Солнечной системы.

Среди гипотез XX в. можно упомянуть гипотезу К. Вейцзеккера (ФРГ) об образовании планет из вихрей во вращавшемся вокруг Солнца облаке и гипотезу Дж. Койпера (США) об образовании планет из массивных газовых сгустков, протопланет, оставшихся от окружавшего Солнце облака после его распада под влиянием гравитационной неустойчивости.

В 1943 г. О. Ю. Шмидт (СССР) начал разработку новой космогонической гипотезы. Согласно этой гипотезе в газопылевом облаке, окружавшем Солнце, в результате соударений частиц происходило постепенное слипание их в ядра будущих планет; при этом часть энергии движения превращалась в тепло и рассеивалась в пространстве. По мере накопления вещества на поверхности таких ядер их орбиты вокруг Солнца из эллиптических постепенно превращались в круговые, а сами ядра располагались на определенных расстояниях от Солнца. Часть вещества первоначального облака упала на Солнце, часть была «отогнана» излучением Солнца.

Земля и планеты согласно этой гипотезе образовались в итоге постепенной аккумуляции твердых частиц как первоначально холодные тела и никогда не находились в раскаленно-жидком состоянии. В дальнейшем вследствие выделения тепла при распаде радиоактивных элементов недра Земли постепенно разогревались, чем и объясняются вулканизм, образование газовой атмосферы, гидросферы и т. п. К большим планетам на заключительной стадии их роста присоединилось газовое вещество, чем объясняется различие в составе и строении группы больших планет и планет земного типа.

[26)] Моментом количества движения называется произведение $\mathfrak{M}RV$, где $\mathfrak{M}$ — масса планеты, R — ее расстояние от Солнца, а V — скорость движения.

Хотя все считают, что планетная система образовалась из газо-пылевого вещества, вопрос о происхождении самого газо-пылевого облака вокруг Солнца до настоящего времени не решен окончательно. Наиболее вероятно, что оно возникло одновременно с Солнцем. Х. Альвен (Швеция) предполагает, что быстро вращавшееся Солнце при своем образовании имело сильное магнитное поле и мощное корпускулярное излучение, увлекавшее из окружающей среды ионизованное газовое вещество. Вращение Солнца замедлялось, а момент количества движения передавался околосолнечному облаку; вращаясь, оно постепенно образовало диск вокруг Солнца. Точная инфракрасная фотометрия обнаруживает около некоторых звезд несомненное присутствие окружающих их пылевых оболочек.

Очевидно, что вопрос о начальном состоянии планетной системы тесно связан с проблемой происхождения самого Солнца, иначе говоря, с общей проблемой происхождения звезд.

Происхождение комет. Предположение о том, что кометы приходят из межзвездного пространства, было отвергнуто, когда выяснилось, что не было комет, имевших на расстоянии 1 а. е. от Солнца скорость больше 42 км/с (т. е. больше так называемой параболической скорости). Кометы явились побочным продуктом при образовании планет из первоначального газо-пылевого облака. Большие массивные планеты изменяли пути пролетавших вблизи них небольших конденсаций и, по гипотезе Я. Оорта (Нидерланды), постепенно образовали громадный рой кометных ядер (общее их число, вероятно, около ста миллиардов, а общая масса оценивается всего лишь в 0,1 массы Земли). Этот рой («облако Оорта») простирается на расстояния в 100–150 тыс. а. е. от Солнца. Многие кометные ядра не приближаются к Солнцу, не образуют хвостов и не растрачивают своего вещества. Иные, под действием окружающих Солнце звезд, изменяют свои орбиты и навсегда покидают Солнечную систему, другие же переходят на более короткопериодические орбиты, приближаются к Солнцу, демонстрируя все фазы изменения внешнего вида кометы; некоторые из них становятся надолго короткопериодическими кометами и довольно быстро эволюционируют под действием солнечного тепла и «солнечного ветра».

§ 1.10. Звезды

Звезды, подобно Солнцу, — гигантские раскаленные самосветящиеся газовые шары с температурами ядер в среднем от 15 до 30 млн кельвинов, при которых происходят ядерные реакции, обеспечивающие свечение звезд; 98 % всей видимой массы Вселенной сосредоточено в звездах. Они находятся от нас на громадных расстояниях, по сравнению с которыми масштабы Солнечной системы представляются ничтожно малыми. Ближайшая звезда находится в 7000 раз дальше, чем самая далекая планета Плутон. Свет, который доходит от Солнца до нас за восемь минут, а до самой удаленной планеты — Плутона — за 5,5 часов, до ближайшей звезды идет 4,3 года. Путь, проходимый светом в один год, часто употребляется, наряду с парсеком, как единица расстояния под названием *световой год*. Он равен $9{,}46 \cdot 10^{12}$ км, или $6{,}3 \cdot 10^4$ а. е. Средние расстояния между звездами в окрестностях Солнца примерно 3 парсека ($\sim$10 световых лет). *Звездная плотность* в окрестности Солнца составляет около 0,14 звезды в кубическом парсеке.

1.10.1. Созвездия

В зависимости от остроты зрения наблюдателя, невооруженным глазом в безлунную ясную ночь можно различить около 2500–3000 звезд над горизонтом места наблюдения. Вся небесная сфера содержит около 6000 звезд, видимых простым глазом. Взаимные расположения звезд на небе меняются чрезвычайно медленно. Их можно было бы подметить невооруженным глазом лишь по истечении тысячелетий.

Для удобства ориентировки на звездном небе еще астрономы древности разделили его на *созвездия*; каждое из них характерно расположением его ярких звезд. Иногда небольшая группа звезд объединяется под общим названием, отличным от названия самого созвездия. Это так называемые *астеризмы*. Так, например, всем с детства знаком Ковш созвездия Большой Медведицы — семь ярких звезд, образующих профиль ковша или кастрюли с ручкой; Ясли — скопление в созвездии Рака, Плеяды — скопление в созвездии Тельца, Гиады — скопление также в созвездии Тельца; звезды δ, ε и ζ Ориона образуют Пояс Ориона. Надо иметь в виду, что к созвездию относятся все звезды, которые попадают в его границы, в том числе и невидимые невооруженным глазом. В 1922 г. извилистые и причудливые границы созвездий, намеченные древними астрономами, заменены новыми, идущими только вдоль небесных параллелей и кругов склонения, хотя при их проведении в общем придерживались очертаний старых границ. В атласе, помещенном в Приложении IV, указаны новые гарницы созвездий. Эти границы относятся к координатной сетке эпохи 1875 г.; с течением времени вследствие прецессии координатная сетка постепенно смещается и границы созвездий перестают совпадать с направлением кругов склонения и небесных параллелей.

У разных народов были свои народные названия и очертания созвездий (см. книгу П. В. Щеглова «Отраженные в небе мифы Земли», 1986 г.). Употребляемые астрономами названия многих созвездий взяты из легенд и мифов древности, в особенности из греческой мифологии, 48 созвездий южного неба обозначены после 1600 г. Все небо в настоящее время разделено на 88 созвездий. В табл. 41 и 42 даны латинские и русские названия созвездий и их широко употребляемые в научной литературе (и в этой книге) сокращенные обозначения.

С начала XVII в. (в «Уранометрии» И. Байера в 1603 г.) звезды каждого созвездия стали обозначать буквами греческого алфавита приблизительно в порядке уменьшения их блеска. В 1712–1725 гг. в трехтомном звездном атласе Д. Флемстида (Англия) звезды обозначались арабскими цифрами в пределах каждого созвездия в порядке возрастания их прямых восхождений. Собственные названия имеют 275 ярких звезд; из них 80 % были даны арабами. Часто это были названия частей тела тех фигур, которые давали название всему созвездию. Например, Бетельгейзе — «плечо гиганта», Денебола — «хвост льва», Рас-Альхаг (α Змееносца) — «голова» и т. д. Сохранилось около 15 % греческих и около 5 % римских названий звезд, и только три названия были даны в новое время. В табл. 43–46 приведены многие из них. Слабые звезды обозначаются номерами звездных каталогов, в которые они занесены, либо их экваториальными координатами.

Весьма употребительно обозначение звезд их номерами в каталоге Боннского обозрения неба (BD, эпоха 1855 г.). Пример: BD $+4^\circ 4048$ — звезда № 4048 в зоне от $+4^\circ 0'$ до $+5^\circ 0'$ каталога Боннского обозрения. Пользуясь картами, помещенными в этой книге, всякий может познакомиться со звездным небом, изучить созвездия и расположение отдельных звезд.

1.10.2. Звездные атласы

Для более детального ознакомления со звездным небом очень полезен «Звездный атлас» А. А. Михайлова (М.: Наука, 1965), который на четырех картах содержит все звезды до 5,5 звездной величины от северного полюса неба до 40° южного склонения, и его же «Звездный атлас, содержащий для обоих полушарий все звезды до 8,25 величины» («Наука», 3-е изд. 1969). В дополнении к этому атласу, состоящему из 20 карт большого формата, даны обширные списки переменных звезд, двойных звезд, звездных скоплений и список туманностей до 9-й звездной величины. В 1974 г. вышел еще один атлас А. А. Михайлова: «Атлас звездного неба» (20 карт, содержащих все звезды до $6{,}5^m$, каталоги всех звезд, звезд двойных, переменных, скоплений и туманностей). Подобный ему атлас с каталогом в координатах 2000 г. издан ВАГО в 1991 и 1998 гг.

Ряд специальных звездных атласов, в том числе и фотографических, содержит более слабые звезды. Обычно звездный атлас сопровождается каталогом звезд, в котором даны точные координаты всех звезд атласа, а также иногда другие характеристики каждой звезды.

1.10.3. Блеск звезд

Звезды различаются друг от друга прежде всего по своему видимому блеску, который характеризуется так называемыми *видимыми звездными величинами* (они, разумеется, не имеют прямого отношения к размерам звезд; об определении размеров будет сказано ниже). С древних времен все звезды, видимые невооруженным глазом в ясную безлунную ночь, были разбиты на шесть групп. Самые яркие звезды относили к звездам первой величины, самые слабые — к шестой. Звезда каждой последующей величины примерно в 2,5 раза слабее звезды предшествующей величины. В 1856 г. по предложению Погсона отношение блеска двух звезд при разности в пять звездных величин было принято равным 100; при этом условии логарифм отношения блеска при разности в одну звездную величину равен 0,4, а само отношение 2,512... . Нуль-пунктом была выбрана звездная величина Полярной звезды ($2{,}0^m$). Сама шкала звездных величин была распространена и на звезды слабее шестой величины, видимые только в телескоп, а также на небесные светила, более яркие, чем звезды первой величины (так, например, видимая звездная величина Сириуса $-1{,}4^m$, Венеры в наибольшем блеске $-4{,}4^m$, Луны в полнолуние $-12{,}6^m$, Солнца $-26{,}8^m$). Зависимость между блеском I_1 и I_2 двух сравниваемых звезд и их звездными величинами m_1 и m_2 выражается следующей формулой:

$$\frac{I_1}{I_2} = 2{,}512^{(m_2-m_1)} = 10^{0{,}4(m_2-m_1)} \qquad (1)$$

или, после логарифмирования, $m_1 - m_2 = -2{,}50 \lg (I_1/I_2)$ или, наконец,

$$\lg \frac{I_1}{I_2} = 0{,}4(m_2 - m_1). \qquad (2)$$

Например, при $\Delta m = 2^m$ отношение блеска 6,31, при 3^m — 15,85, при 4^m — 39,81, при $\Delta m = 5^m$ отношение равно 100,00.

До недавнего времени основой *интернациональной шкалы звездных величин* служила совокупность тщательно определенных звездных величин большого числа околополярных звезд, представляющая фотометрический стандарт большой точности. Это так называемый Северный Полярный Ряд, NPS — North Polar Sequence (табл. 48). В дальнейшем множилось число *фотометрических стандартов* (большей частью —

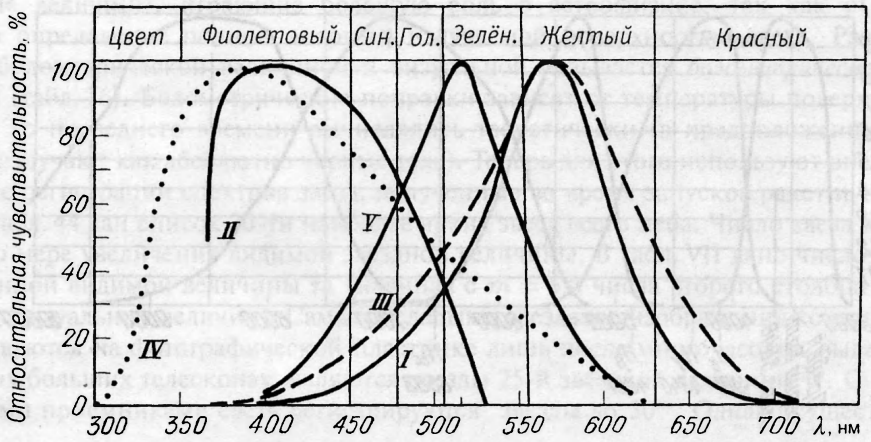


Рис. 81. Кривые дневной спектральной чувствительности глаза (*I*), нормальной фотопластинки (*II*), фотовизуальной пластинки (*III*), сурьмяно-цезиевого фотоумножителя (*IV*) и кривая ночной чувствительности глаза (*V*)

членов звездных скоплений) с тщательно определенными звездными величинами (см., например, табл. 49 и 50).

Блеск звезд можно оценивать различными способами: визуально, т. е. глазом, фотографически (сравнивая фотографические изображения звезд разного блеска на негативе), с помощью фотоэлектрического фотометра (электрофотометра) и т. д. Все эти приемники радиации имеют различную чувствительность к лучам разного цвета, т. е. разных длин волн. Эта способность по-разному воспринимать различные лучи характеризуется *кривой спектральной чувствительности*. На рис. 81 представлены такие кривые для глаза (*I*), обычной (нормальной) фотопластинки (*II*), так называемой фотовизуальной пластинки, искусственно подогнанной к чувствительности глаза (*III*), и для сурьмяно-цезиевого фотоумножителя (*IV*), являющегося сейчас распространенным приемником радиации при фотоэлектрической фотометрии, а также кривая ночной спектральной чувствительности глаза (*V*). В табл. 74 помещены подробные данные о спектральной чувствительности глаза в различных условиях: дневное — колбочковое зрение (при яркости больше $5 \cdot 10^{-4}$ стильб), ночное — палочковое зрение (при яркости меньше 10^{-7} стильб). Общая чувствительность ночного зрения в 200 000 раз больше дневной.

Как видно из рис. 81 максимум чувствительности глаза приходится на длину волны в 550 нанометров (нм), фотопластинки — на 420 нм, фотоумножителя — на 380 нм. Отсюда проистекает различие между *визуальными* или *фотовизуальными* и *фотографическими* и прочими видами звездных величин. Визуальные величины определяются для сравнительно ярких звезд. Для более слабых определяют фотовизуальные звездные величины.

Широкое применение нашли фотоэлектрические фотометры. Высокая точность фотоэлектрических измерений (погрешность порядка $\pm 0{,}01^m$ и даже меньше) предъявила новые требования к фотометрической системе, в которой выражаются звездные величины и *показатели цвета звезд* (см. ниже). Оказалось, что международная система, определяемая Северным Полярным Рядом, этим требованиям удовлетворить уже не может. Часто используется в качестве основной фотометрическая система, введенная Х. Джонсоном и У. Морганом (США) и обозначаемая буквами *U*, *B*, *V* (по начальным буквам английских слов: ультрафиолетовый —

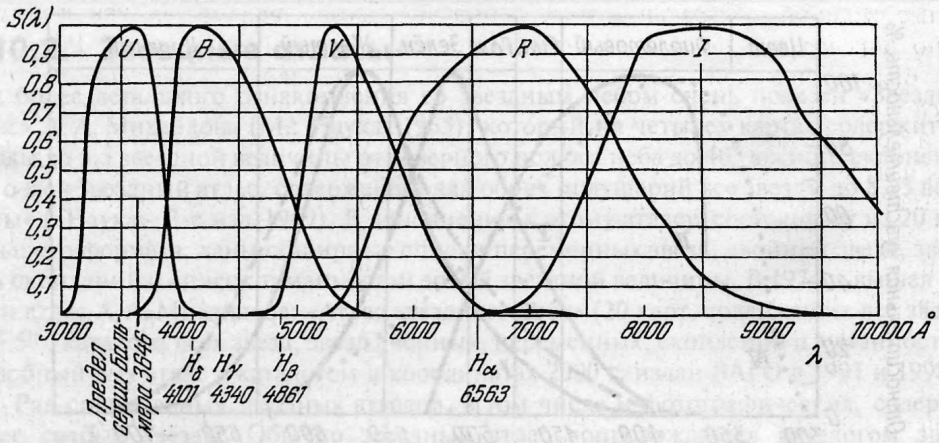


Рис. 82. Кривые относительной спектральной чувствительности (кривые реакции) фотоэлектрических светоприемников в системе *UBVRI*. Везде максимум принят за единицу. Показано положение бальмеровских линий водорода

Ultraviolet, синий — Blue, визуальный — Visual). Система *UBV* определяет звездные величины, измеренные в эффективных длинах волн (максимумов) около 350, 435 и 555 нм (рис. 82). Соответственным образом употребляются два показателя цвета: $U-B$ (ультрафиолетовый—синий) и $B-V$ (синий—желтый). Нуль-пункт системы показателей цвета установлен так, что несколько звезд спектрального класса A0V, достаточно близких к Солнцу и практически свободных от влияния межзвездного поглощения света, имеют показатели цвета $U-B$ и $B-V$, равные нулю, т. е. их звездные величины в фиолетовых, синих и желтых лучах совпадают ($U = B = V$). Эта система была распространена в красную и инфракрасную области спектра. На рис. 82 представлены кривые спектральной чувствительности фотоумножителя вместе со светофильтрами, использовавшимися для установления системы *UBV*, а также *R* (красные лучи, эффективная длина волны 680 нм) и *I* (инфракрасные лучи — 825 нм). Области более далекой инфракрасной фотометрии: $J = 1{,}25$ мкм, $K = 2{,}2$, $L = 3{,}4$, $M = 5{,}0$, $N = 10{,}1$, $O = 11{,}5$, $P = 13{,}1$, $Q = 20$ мкм.

Несмотря на широкое распространение системы *UBV* и создание большого числа стандартов (табл. 46–50), продолжаются поиски системы, наиболее выгодной для определения основных звездных характеристик. Таковы, например, система *U*, *P*, *X*, *Y*, *Z*, *T*, *S*, созданная в Вильнюсе В. Страйжисом. Средние длины волн в этой системе 349, 374, 405, 466, 516, 544, 625 и 655 нм, средняя ширина полос пропускания от 20 нм (с интерференционным фильтром) до 30–40 нм (со стеклянными фильтрами). Практически с рефлектором, посеребренным или алюминированным, систему *U* можно получить с сурьмяно-цезиевым фотоумножителем и фильтром Шотта UG2 толщиной 2 мм; систему *B* — с фильтром Шотта BG12 в 1 мм или GG13 в 2 мм; систему *V* — с фильтром GG11 в 2 мм. Фотографически эти системы можно получить, комбинируя несенсибилизированные эмульсии с фильтром Шотта UG2(*U*), GG13(*B*) и изохроматическую эмульсию и фильтр GG11 для системы *V*. Для рефрактора фильтр GG13 не нужен вовсе.

Прибор, который поглощает все падающее на него излучение, называется *радиометром*. С его помощью получают *радиометрические* звездные величины. Если учесть поглощение света различных длин волн в оптических деталях телескопа и поглощение света в атмосфере Земли, то получим *болометрические* видимые

звездные величины, играющие большую роль в астрофизике, так как с ними связано определение полной энергии, излучаемой поверхностью звезд. Разность между болометрической величиной и визуальной называется *болометрической поправкой* (табл. 76). Болометрические поправки зависят от температуры поверхности звезд и до последнего времени вычислялись теоретически (в предположении, что звезды излучают как абсолютно черные тела). Теперь для этого используют внеатмосферные регистрации спектров звезд, полученные во время запусков ракет и ИСЗ.

В табл. 44 дан список 20-ти наиболее ярких звезд всего неба. Число звезд возрастает по мере увеличения видимой звездной величины. В табл. VII дано число звезд ярче данной видимой величины m (начиная с $m = 5{,}0$ числа второго столбца даны для фотовизуальных величин). Самыми слабыми звездами, изображения которых запечатлеваются на фотографической пластинке лишь после многочасовых выдержек на самых больших телескопах, являются звезды 25-й звездной величины [27]. С электронными приемниками света регистрируются звезды до 30^m. Однако существуют

Таблица VII

Округленное число всех звезд до данной звездной величины m

m	N виз.	N фотогр.	m	N фотовиз.	N фотогр.
−2,0	0	—	10,0	$0{,}35 \cdot 10^6$	$0{,}27 \cdot 10^6$
−1,0	1	—	11,0	$0{,}90 \cdot 10^6$	$0{,}41 \cdot 10^6$
0,0	4	—	12,0	$2{,}3 \cdot 10^6$	$1{,}1 \cdot 10^6$
1,0	14	—	13,0	$5{,}7 \cdot 10^6$	$2{,}7 \cdot 10^6$
2,0	40	—	14,0	$14 \cdot 10^6$	$6{,}5 \cdot 10^6$
3,0	100	—	15,0	$32 \cdot 10^6$	$15 \cdot 10^6$
4,0	500	400	16,0	$71 \cdot 10^6$	$33 \cdot 10^6$
5,0	1600	1200	17,0	$150 \cdot 10^6$	$70 \cdot 10^6$
6,0	4800	2900	18,0	$300 \cdot 10^6$	$140 \cdot 10^6$
7,0	15 000	8300	19,0	$550 \cdot 10^6$	$280 \cdot 10^6$
8,0	42 000	23 000	20,0	$1000 \cdot 10^6$	$510 \cdot 10^6$
9,0	125 000	62 000	21,0	$2000 \cdot 10^6$	$900 \cdot 10^6$

Таблица VIII

Среднее число звезд на один квадратный градус. Галактическая концентрация звезд

Фотогр. m	По всему небу	Вблизи галактич. экватора	Вблизи галактич. полюса	Галактическая концентрация
5,0	0,025	0,045	0,013	3,4
7,0	0,20	0,36	0,10	3,5
9,0	1,5	2,8	0,72	3,9
11,0	11	21	4,3	4,8
13,0	66	150	21	6,8
15,0	360	910	87	10
17,0	1700	4800	290	17
19,0	6700	21 000	770	27
21,0	22 000	74 000	1700	44

[27] В 5-метровый рефлектор видны звезды до $17{,}5^m$.

миллиарды звезд в нашей звездной системе, которые пока еще недоступны наблюдению современными телескопами.

Табл. VIII показывает важную особенность распределения звезд разной звездной величины по отношению к средней линии Млечного Пути — к галактическому экватору. Отношение числа звезд вблизи галактического экватора к числу звезд вблизи полюса Галактики называется *галактической концентрацией*. Табл. VIII показывает, что галактическая концентрация растет для более слабых звезд. Объяснение этого связано с особенностями пространственного распределения звезд, с формой нашей Галактики.

1.10.4. Цвета и температуры звезд

Даже невооруженному глазу заметны различия цветов ярких звезд: красные Антарес, Арктур, Альдебаран явно отличаются от голубовато-белых Веги, Ригеля, Денеба. Звезда μ Цефея получила название «гранатовой звезды» за свой интенсивно красный цвет.

Цвета звезд различаются как цвета твердых тел, нагретых в различной степени, — от «красного каления» до «белого каления» — и оцениваются баллами по шкале, приведенной в табл. IX, в основе которой лежит шкала немецкого любителя астрономии Г. Остхофа (1912 г.). В табл. X дается список ряда ярких звезд, цвет которых оценен по шкале табл. IX, в табл. 52 даны цвета некоторых двойных.

У ярких визуально-двойных звезд встречаются любопытные сочетания цветов: у β Лебедя одна из звезд желтая, другая ярко-голубая, у γ Андромеды оранжевая и голубая и т. д. Появление зеленого, голубого или синего цветов у компонентов двойных

Таблица IX

Шкала цветов звезд

Цвет	Балл	Цвет	Балл
Бело-голубой (белый и голубой поровну)	−2	Чисто-желтый	4
		Темно-желтый	5
Голубовато-белый (белый преобладает)	−1	Красновато-желтый (желтый преобладает)	6
Белый	0	Оранжевый (красный и желтый поровну)	7
Желтовато-белый (белый преобладает	1	Желтовато-красный (красный преобладает)	8
Беловато-желтый (белый и желтый поровну)	2	Красный	9
Светло-желтый	3	Темно-красный	10

Таблица X

Цвета некоторых ярких звезд в шкале таблицы IX

Звезда	m	Цвет	Звезда	m	Цвет	Звезда	m	Цвет
α CMa	−1,6	0,7	α CMi	0,5	2,7	γ Cep	3,4	5,4
β Ori	0,3	1,2	α Aur	0,2	3,3	ε Gem	3,2	5,9
α Lyr	0,1	1,3	γ Cyg	2,3	4,5	α Tau	1,1	6,3
α Leo	1,3	1,5	α Boo	0,2	4,7	α Ori	0,9	6,5
ε UMa	1,7	1,9	α UMa	2,0	5,0	α Sco	1,2	7,2
α Cyg	1,3	2,1	ψ UMa	3,2	5,1	μ Cep	3,9	7,9
α Aql	0,9	2,4	α Ari	2,2	5,4			

звезд является оптическим обманом: чувствительный слой глаза (ретина), утомленный ярким светом главной, например, красной звезды, менее яркую звезду видит в так называемом *дополнительном цвете*, которым в данном случае является зеленоголубой. Дополнительными цветами являются: для красного 656 нм — синевато-зеленый 492 нм, для оранжево-красного 608 нм — голубовато-зеленый 490 нм, для желтого 585 нм — синий 482 нм, для зелено-желтого 564 нм — фиолетовый 433 нм.

Точная оценка цвета звезды связана с определением так называемого *показателя цвета* (c), который является разностью ее фотографической и визуальной (или фотовизуальной) звездных величин:

$$c = m_{\text{фот}} - m_{\text{виз}}, \tag{3}$$

либо вообще разностью звездных величин в каких-либо двух лучах, например, $B-V$, $U-V$ и т. д. Шкалы показателей цвета выбраны так, что для определенного класса белых звезд (см. ниже) все показатели цвета равны нулю. Для красных звезд характерен большой положительный показатель цвета. Соответственно цвету меняется также и температура поверхности звезд. Одна из самых холодных звезд χ Cyg имеет температуру около 1600 °C. Самые горячие звезды — ядра планетарных туманностей — имеют температуру 50 000–100 000 K. Их показатель цвета $-0{,}60^m$. Температуры большинства звезд заключены между 2000 и 25 000 K.

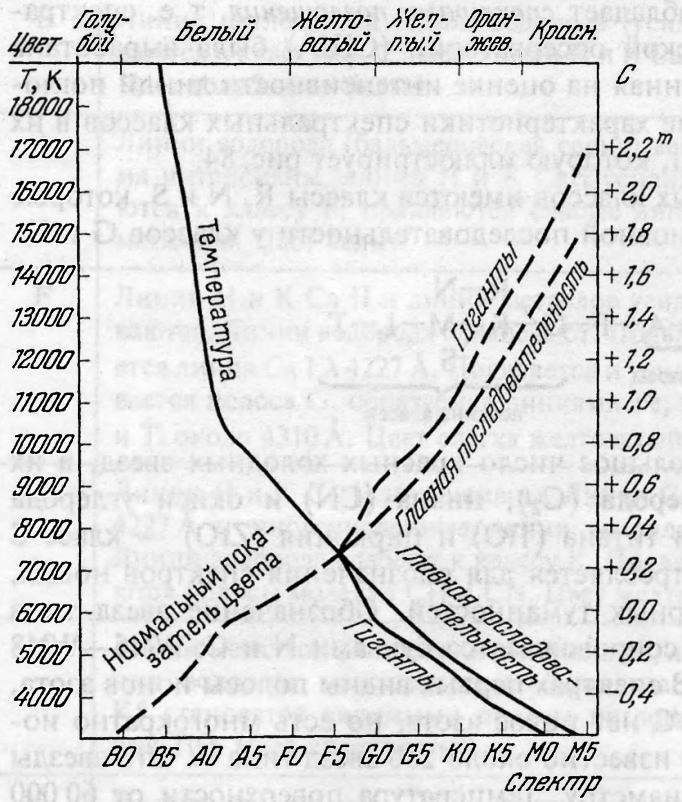


Рис. 83. Соотношение между спектром, цветом, показателем цвета и температурой звезд T, K

Связь температуры T и показателя цвета $B-V$ звезды или показателя цвета c звезды можно выразить графиком (рис. 83) или следующими формулами:

$$T = \frac{7900}{(B-V)+0{,}72} \quad \text{или} \quad T = \frac{7200}{c+0{,}64}. \tag{4}$$

У звезд, как и у Солнца, можно различить фотосферу и атмосферу, которую также можно условно разделять на ряд слоев: обращающий слой, хромосфера и внешние слои атмосферы (у Солнца это солнечная корона). Определение температуры поверхности представляет собой сложную проблему, так как, в сущности, нет определенного слоя, который можно было бы считать поверхностью звезды. Часто говорят об *эффективной температуре* T_{eff}, т. е. такой температуре, какую имело бы *абсолютно черное тело* [28)] тех же размеров, излучающее

[28)] *Абсолютно черное тело* есть некоторое идеальное тело, которое как источник излучения характеризуется максимальным теоретически возможным при данной температуре излучением: с другой стороны, как поглотитель энергии, оно характеризуется способностью полного поглощения всех без исключения падающих на него лучей. Для абсолютно черного тела справедлив *закон Стефана—Больцмана*, а распределение энергии в его спектре описывается *законом Планка* (п. 3.6.1).

ту же общую энергию, что и звезда. В этом случае поток энергии с единицы поверхности выражается формулой $E = \sigma T_{\text{eff}}^4$.

Распределение энергии вдоль спектра звезды также зависит от ее температуры и может служить для ее определения (см. п. 3.6.1); это так называемая *цветовая температура*. Одновременно с изменением распределения энергии при переходе от одной температуры к другой смещается и максимум кривой распределения энергии (*закон смещения В. Вина*):

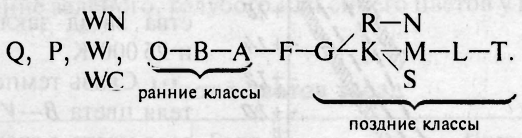
$$T = \frac{2897}{\lambda_{\max}}, \qquad (5)$$

где длина волны $\lambda_{\max}$, на которую приходится максимум энергии в ее распределении по λ, выражена в нм, а T — в тысячах кельвинов. Более точное определение температуры звезды связано с детальным изучением ее спектра.

1.10.5. Спектры звезд

Большинство звезд подобно Солнцу обладает *спектрами поглощения*, т. е. спектрами с темными линиями. На Гарвардской обсерватории (США) была выработана классификация спектров звезд, основанная на оценке интенсивности линий поглощения различных элементов. Основные характеристики спектральных классов в их современном виде помещены в табл. XI, которую иллюстрирует рис. 84.

Кроме этих основных спектральных классов имеются классы R, N и S, которые представляют собой ответвление от основной последовательности у классов G и K:



Они включают сравнительно небольшое число красных холодных звезд, в их спектрах видны полосы молекул углерода (C_2), циана (CN) и окиси углерода (CO) — классы R и N, полосы окиси титана (TiO) и циркония (ZrO) — класс S («циркониевые звезды»). Буква Q употребляется для обозначения спектров новых, P — эмиссионных спектров планетарных туманностей. Обозначение звезд типа Вольфа—Райе буквой W (иногда WR) сопровождается буквами N и C: WN5—WN8 (азотные) и WC5—WC8 (углеродные). В спектрах первых видны полосы ионов азота, но нет полос углеродных. В звездах WC нет полос азота, но есть многократно ионизованные углерод и кислород. Всего известно около 250 звезд типа W. Это звезды примерно вдвое больше Солнца по диаметру. Температура поверхности от 60 000 до 100 000 K. Это приводит к очень высокой светимости этих звезд (от -4^m до -8^m). Они окружены радиально расширяющимися сферическими газовыми оболочками. Самые горячие звезды класса O имеют подразделения: Oa, Ob, Oc, Od, Oe и Oe5. Так как основой гарвардской классификации является оценка интенсивности линий различных элементов в спектрах звезд, а эта интенсивность плавно меняется от одного класса к соседнему, то классификация допускает введение промежуточных классов, обозначаемых номерами от 0 до 9 (иногда до 9,5), прибавляемыми к буквам.

Так появились классы B2, A4, F7, M3 и т. д. Когда в дальнейшем среди звезд одного и того же спектрального класса появились группы *карликов*, *гигантов* и *сверхгигантов*, в спектрах которых были обнаружены некоторые характерные особенности (см. рис. 88 «Диаграмма Г–Р»), стали применять дополнительные буквенные обозначения, предшествующие спектральному классу: d — карлик, g — гигант

Таблица XI

Характеристики спектральных классов по Гарвардской классификации

Класс	Характеристика спектра, цвет звезды	Эффективн. температура, K	Типичные звезды
W	Излучения в линиях He II, He I, N I, N III–V, O III–VI, C II–IV	60 000–100 000	Звезды типа Вольфа—Райе, γ^2 Парусов, η Киля
O	Слабые линии нейтрального водорода, гелия, ионизованного гелия, многократно ионизованных Si, C, N, A. Цвет голубоватый	35 000–80 000	ζ Кормы, λ Ориона, ξ Персея, ι Ориона
B	Линии поглощения гелия, водорода (усиливаются к классу A). Слабые линии H и K Ca II. Цвет голубовато-белый	12 000–30 000	ε Ориона, α Девы, γ Персея
A	Линии водорода (бальмеровская серия) весьма интенсивны, линии H и K CaII усиливаются к классу F, появляются слабые линии металлов. Цвет белый	8000–11 000	α Большого Пса, α Лиры, γ Близнецов
F	Линии H и K Ca II и линии металлов усиливаются. Линии водорода ослабевают. Появляется линия Ca I λ 4227 Å. Появляется и усиливается полоса G, образуемая линиями Fe, Ca и Ti около 4310 Å. Цвет слегка желтоватый	6500–7500	δ Близнецов, α Малого Пса, β Кассиопеи, α Персея, α Кормы
G	Линии H и K Ca II интенсивны. Линия Ca I 4227 Å и многочисленные линии металлов. Линии водорода слабеют к классу K. Появляются полосы молекул CH и CN. Цвет желтый	5000–6000	Солнце, α Возничего, β Геркулеса, β Южной Гидры
K	Линии металлов и полоса G интенсивны, линии водорода мало заметны. С подкласса K5 становятся видимыми полосы поглощения TiO. Цвет красноватый	4000–5000	α Волопаса, ε Пегаса, β Близнецов, α Тельца
M	Интенсивны полосы TiO и других молекул. Заметны линии металлов, полоса G слабеет. В спектрах переменных типа *o* Кита имеются линии излучения водорода (класс Me). Цвет красный	2000–3500	α Ориона, α Скорпиона, *o* Кита, η Близнецов
L	Полосы TiO и VO отсутствуют. Видна сильная полоса CrH, сильные линии Rb и Cs, широкие линии калия и натрия. Цвет темно-красный	1500–2000	Kelu–1, GD165B
T	Интенсивны полосы поглощения воды, метана и молекулярного водорода. «Коричневый карлик»	1000–1500	Gliese 229B

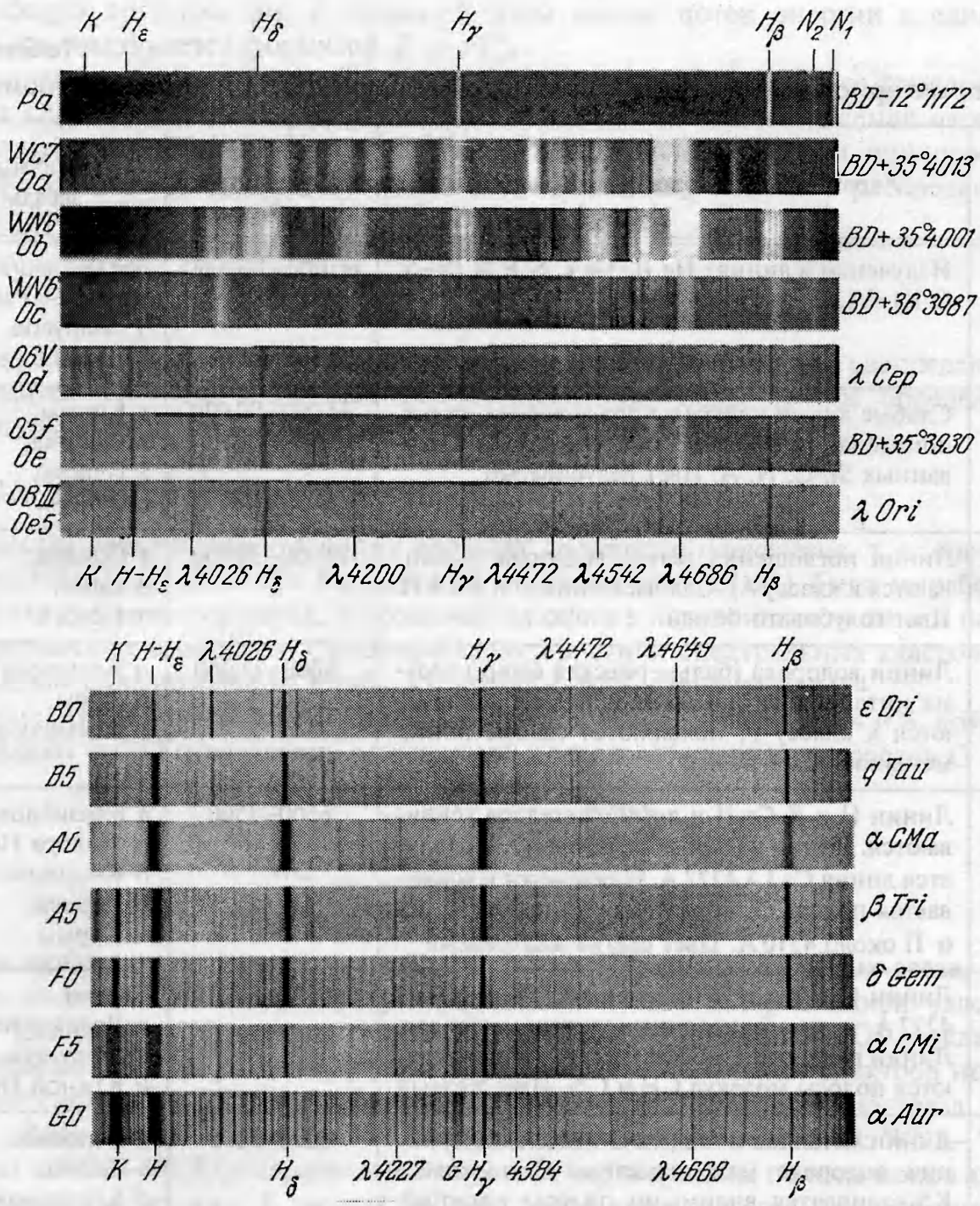


Рис. 84. а. Гарвардская классификация звездных спектров (спектры Pa—G0). Спектр Pa является эмиссионным спектром газовых туманностей, т. е. формально не звездным спектром, но так как эти туманности бывают ничтожных угловых размеров и выглядят как звезды, помещение этого спектра здесь очень полезно

и c — сверхгигант, либо следующие за ним: p — пекулярный, необычный спектр (например, звезды Ap имеют ненормально резкие линии, иногда переменные по интенсивности; такие звезды, по-видимому, вращаются медленнее, нежели обычные A звезды), e — эмиссионные линии, n (до класса F0) — очень широкие и размытые линии, s (до класса F0) — резкие линии, k — линии межзвездного газа (атомарные или молекулярные), m — линии металлов (так называемые «металлические звезды»), o — изменения в спектре. Возможны комбинации букв, обозначающие присутствие разных особенностей одновременно, например, pe, ve и т. д.

Часто употребляемые выражения: *ранние* спектральные классы (O, B и A) и *поздние* спектральные классы (K, M, N, R и S) не имеют прямого отношения к возрасту

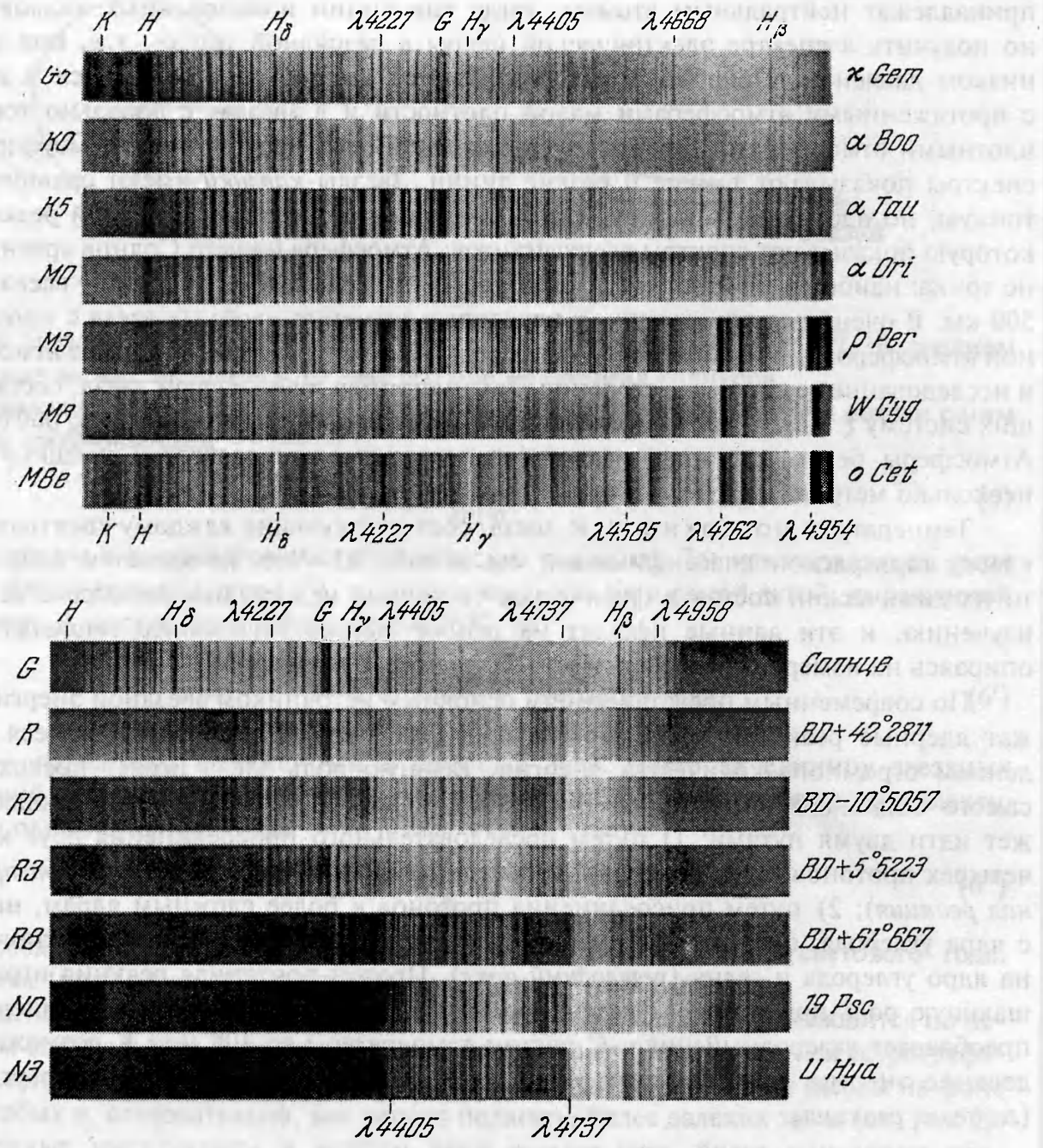


Рис. 84. б. Гарвардская классификация звездных спектров (спектры G5—N3)

звезд, — они определяют лишь место в приведенном выше ряду спектральных классов (т. е. стоят «раньше» или «позже»). Для плавности изменения интенсивности линий пришлось отказаться от подклассов dK7—dK9 и gK6—gK9.

Наличие линий тех или иных химических элементов в спектре звезды свидетельствует о присутствии этих элементов в атмосфере звезды. Однако отсутствие линий нельзя понимать как отсутствие соответствующих веществ на звезде. Оказывается, что 95 % звезд, спектры которых были подробно изучены, имеют те же элементы и в той же пропорции, что и Солнце (см. табл. 22).

Основную роль в появлении линий играет температура. Таким образом, детальная спектральная классификация и изучение линий могут служить для определения температуры звезды. Характер, а для некоторых линий и интенсивность их, зависят от плотности звездной атмосферы. Из лабораторной практики известно, что линии в спектре электрической дуги при нормальном атмосферном давлении

принадлежат нейтральным атомам, тогда как линии ионизованных атомов можно получить в спектре электрической искры в разрядной трубке, т. е. при весьма низком давлении. Подобно этому различаются линии, образовавшиеся в звездах с протяженными атмосферами малой плотности и в звездах с довольно тонкими плотными атмосферами. Звезды-*сверхгиганты* имеют протяженные атмосферы; их спектры показывают тонкие и резкие линии. Звезды-*карлики* имеют сравнительно тонкую, но плотную атмосферу; линии в их спектре не отличаются той резкостью, которую показывают спектры сверхгигантов. Атмосфера нашего Солнца сравнительно тонка: наиболее плотная часть ее, обращающий слой, имеет толщину всего около 500 км. В очень редких случаях (у некоторых затменно-двойных звезд с протяженной атмосферой) возможно почти непосредственное измерение толщины атмосферы и исследование ее состава и строения. Так, например, одна из двух звезд, составляющих систему ξ Aur, — ее K-компонент — имеет атмосферу толщиной 32 000 000 км. Атмосферы белых карликов имеют (по теоретическим расчетам) толщину всего несколько метров.

Температуры поверхностей звезд, соответствующие каждому спектральному классу гарвардской классификации, см. в табл. XI. Что же касается недр звезд, то их химический состав и физическое состояние недоступны непосредственному изучению, и эти данные находят на основе *теории внутреннего строения звезд*, опираясь на измереннные светимость L, радиус R и массу $\mathfrak{M}$.

По современным представлениям основным источником звездной энергии служат ядерные реакции, протекающие в недрах звезд и сопровождающиеся выделением огромного количества энергии. Главную роль здесь играет превращение самого обильного элемента во Вселенной, водорода, в гелий. Этот процесс может идти двумя путями: 1) путем последовательного присоединения друг к другу четырех протонов (ядер водорода) и объединению их в ядре гелия (*протон-протонная реакция*); 2) путем присоединения протонов к более сложным ядрам, начиная с ядра углерода, с последующим распадом образовавшегося нового сложного ядра на ядро углерода и гелия (*углеродный цикл*). Протон-протонная реакция играет решающую роль при температурах менее 16 млн K; при более высоких температурах преобладает углеродный цикл. С ростом температуры до 100 млн K возможно выделение энергии при образовании из ядер гелия непосредственно ядер углерода (*гелиевая реакция*).

1.10.6. Расстояния и светимости звезд

Светимость характеризует общее количество энергии, излучаемой звездой. Видимый блеск звезды не является характеристикой ее светимости, так как зависит от разделяющего нас расстояния. Только приведя этот видимый блеск к одному и тому же расстоянию, можно судить о действительном соотношении светимостей звезд. Основным методом определения расстояния до звезд, на котором построены все другие методы, является измерение *тригонометрического параллакса* звезд[29]. Параллаксом звезды называется малый угол в прямоугольном треугольнике звезда—Земля—Солнце. На рис. 85 звезда находится в плоскости земной орбиты. В общем случае можно представить себе сферу радиусом в 1 а. е. с центром в Солнце. Параллаксом p звезды будет отношение радиуса этой сферы к расстоянию r. Для самой

[29] Раньше параллакс обозначали греческой буквой π, но в последнее время принято латинской p.

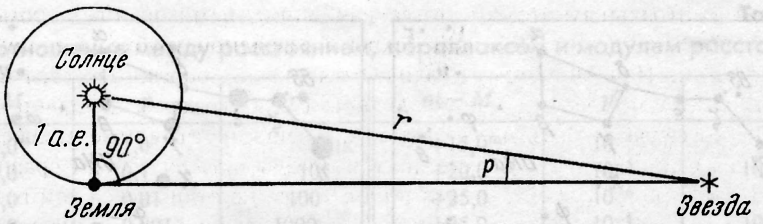


Рис. 85. Параллакс звезды

близкой звезды (α Сеп) этот угол меньше секунды дуги ($0{,}742''$)[30]. В среднем расстояния между звездами в 10^7 раз больше их средних радиусов.

Параллакс p является весьма удобной мерой расстояния r, так как связан с ним простым соотношением

$$r = \frac{1}{\sin p}, \tag{6}$$

где расстояние r выражается в астрономических единицах. Так как параллаксы звезд меньше одной секунды дуги ($1''$), то можно заменить $\sin p$ самóй дугой, выраженной в радианах. А поскольку 1 радиан $\cong 206\,265''$, то

$$r = \frac{206\,265}{p} \text{ а. е.} = \frac{3{,}263}{p} \text{ светового года,} \tag{6'}$$

где p — параллакс, выраженный в секундах дуги. Часто за единицу звездных расстояний принимают *парсек* (пк), т. е. расстояние, соответствующее параллаксу, равному одной секунде. Тогда

$$r = \frac{1}{p} \text{ пк.} \tag{6''}$$

Парсек равен 206 265 а. е., или $3{,}083 \cdot 10^{13}$ км, или 3,263 светового года. *Килопарсек* (кпк) равен 1000 пк, *мегапарсек* (Мпк) — 1 000 000 пк.

Практически определение тригонометрического параллакса производится по нескольким специальным фотографиям, получаемым с длиннофокусными астрографами. Движение Земли по орбите вызывает *параллактическое смещение* звезды на фоне более слабых и, следовательно, как можно полагать, более далеких звезд (см. рис. 2). Современные инструменты и методы дают возможность более или менее точно определять с поверхности Земли тригонометрические параллаксы, не меньшие чем $0{,}01''$ (т. е. до расстояний в 100 пк). Таким методом определены параллаксы $\sim$8000 звезд. Космические обсерватории измеряют параллаксы значительно точнее и надежно определяют их для сотен тысяч звезд. О других (статистических) способах определения расстояний, опирающихся на параллаксы звезд в окрестностях Солнца, определенные тригонометрически, сказано ниже (см. *спектральные параллаксы* — с. 151 и *цефеидные параллаксы* — с. 169).

При определении действительной светимости звезд за стандартное расстояние принято 10 пк, или 32,6 светового года, соответствующее параллаксу $0{,}1''$. Приведенная к этому расстоянию звездная величина называется *абсолютной звездной величиной* M (рис. 86). Имея в виду, что блеск любого источника света меняется

[30] Это соответствует толщине карандаша, рассматриваемого невооруженным глазом с расстояния в 2 км. Расстояние от этой самой близкой звезды, равное 41 700 000 000 000 км, свет проходит за 4 года 4 месяца и 26 дней.

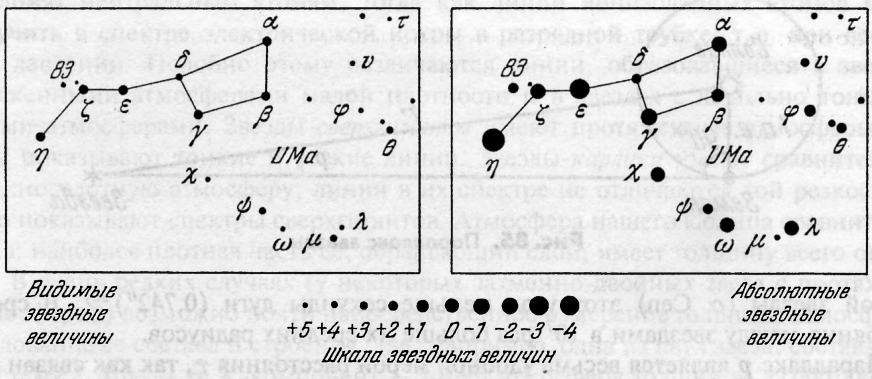


Рис. 86. Созвездие Большой Медведицы: слева — видимые звездные величины, справа — абсолютные

обратно пропорционально квадрату расстояния, а расстояния до звезд — обратно пропорциональны соответствующим параллаксам, можно вывести формулы, связывающие видимую m и абсолютную M звездные величины с параллаксом p (выраженным в секундах) либо с расстоянием r (выраженным в парсеках):

$$M = m + 5 + 5 \lg p \tag{7}$$

или

$$M = m + 5 - 5 \lg r,$$

откуда

$$\lg p = \frac{1}{5}(M - m) - 1 \tag{7'}$$

или

$$\lg r = \frac{1}{5}(m - M) + 1. \tag{7''}$$

Вычисленный по (7′) параллакс называется *фотометрическим параллаксом*, так как для его получения фотометрия дает нам m и поглощение света в межзвездном пространстве $A(r)$ (см. ниже), а M определяется из статистических зависимостей между различными звездными характеристиками. К фотометричесим параллаксам принадлежат *спектральные* и *цефеидные параллаксы*.

Величина $m - M$ называется *модулем расстояния*. В табл. XII дано соотношение модуля расстояния, параллакса p и расстояния r. Считая, что m определена с высокой точностью, вероятную погрешность определения величины M можно вычислить, зная вероятную погрешность Δp определения параллакса p, по формуле

$$\Delta M = 2{,}17 \frac{\Delta p}{p}. \tag{7'''}$$

Межзвездное поглощение света уменьшает блеск звезд, увеличивает их видимые звездные величины. Точная формула этой зависимости, учитывающая поглощение света, имеет следующий вид:

$$M = m + 5 - 5 \lg r - A(r), \tag{7''''}$$

где $A(r)$ — поглощение света, пропорциональное расстоянию r (см. формулу для $A(r)$ в § 1.11).

Таблица XII

Соотношение между расстоянием, параллаксом и модулем расстояния

$m-M$	p	r	$m-M$	p''	r
$-5{,}0^m$	1,0″	1 пк	$+15{,}0^m$	10^{-4}	10 кпк
0,0	0,1	10	+20,0	10^{-5}	100 кпк
+5,0	0,01	100	+25,0	10^{-6}	1 Мпк
+10,0	0,001	1000	+35,0	10^{-8}	100 Мпк

Иначе эту зависимость можно записать так:

$$M = m + 5 - 5 \lg r_1, \qquad (7''''')$$

где $\lg r_1 = \lg r + ar/5000$, r_1 — расстояние, искаженное поглощением, r — истинное расстояние, a — коэффициент поглощения, т. е. поглощение на единицу длины пути, проходимого светом, в данном случе — на килопарсек. Среднее значение a равно $2{,}2^m$/кпк для фотографических лучей и $1{,}6^m$/кпк для визуальных. Однако в Млечном Пути имеются направления, в которых a_V достигает $5^m \div 6^m$/кпк.

Применяя формулу (7) к Солнцу ($m_{V\odot} = -26{,}75^m$ и модуль расстояния $m-M = -31{,}57^m$), получаем его абсолютную звездную величину $M_{V\odot} = +4{,}82^m$.

Отношение светимостей L_1 и L_2 двух звезд, имеющих абсолютные звездные величины M_1 и M_2, можно вычислить по формуле

$$\lg \frac{L_1}{L_2} = 0{,}4(M_2 - M_1), \qquad (8)$$

не забывая, что эти величины должны относиться к одному и тому же спектральному диапазону. Например, светимость звезды в фильтре V по отношению к Солнцу вычисляется по ее абсолютной величине в этом фильтре:

$$\lg \frac{L_V}{L_{V\odot}} = 0{,}4(4{,}82 - M_V) = 1{,}93 - 0{,}4M_V, \qquad (8')$$

где светимость Солнца в фильтре V составляет $L_{V\odot} = 3{,}58 \cdot 10^{26}$ Вт.

Иная форма связи M и L, например, в фильтре V:

$$M_V = -2{,}5 \lg \frac{L_V}{L_{V\odot}} + 4{,}82. \qquad (8'')$$

В качестве примера в табл. XIII приводятся значения $L_V/L_{V\odot}$, определенные по M_V.

Таблица XIII

Соотношение между абсолютной звездной величиной и светимостью, выраженной в единицах светимости Солнца

($M_{V\odot} = +4{,}82^m$, $L_{V\odot} = 3{,}58 \cdot 10^{26}$ Вт)

M_V	L_V	M_V	L_V	M_V	L_V
$-9{,}0^m$	$3{,}4 \cdot 10^5$	$-2{,}0^m$	540	$5{,}0^m$	$8{,}5 \cdot 10^{-1}$
−8,0	$1{,}4 \cdot 10^5$	−1,0	214	6,0	$3{,}4 \cdot 10^{-1}$
−7,0	$5{,}4 \cdot 10^4$	0,0	85	7,0	$1{,}4 \cdot 10^{-1}$
−6,0	$2{,}1 \cdot 10^4$	1,0	34	8,0	$5{,}4 \cdot 10^{-2}$
−5,0	$8{,}5 \cdot 10^3$	2,0	14	10,0	$8{,}5 \cdot 10^{-3}$
−4,0	$3{,}4 \cdot 10^3$	3,0	5,4	15,0	$8{,}5 \cdot 10^{-5}$
−3,0	$1{,}4 \cdot 10^3$	4,0	2,1	20,0	$8{,}5 \cdot 10^{-7}$

Светимость звезды L_V по видимой величине m_V и параллаксу p можно определить по формуле

$$\lg \frac{L_V}{L_{V\odot}} = -2 \lg p - 0{,}4 m_V - 0{,}07. \qquad (9)$$

Вместо параллакса можно использовать расстояние r в парсеках:

$$\lg \frac{L_V}{L_{V\odot}} = 2 \lg r - 0{,}4 m_V - 0{,}07. \qquad (9')$$

Суммарная светимость звезды во всех диапазонах электромагнитного спектра, т. е. полная мощность ее излучения называется *болометрической светимостью* (L_{bol} или L_{b}); ей соответствует *болометрическая абсолютная величина* звезды (M_{bol} или M_{b}). Она может быть найдена из видимой величины по формуле (7) после учета поглощения света в межзвездном пространстве и в земной атмосфере, а также — учета ограниченной спектральной чувствительности приемника излучения. Последнее делается путем приведения видимых звездных величин (например, m_V) к болометрическим; для этого видимым величинам придается *болометрическая поправка* (BC, от bolometric correction):

$$BC = m_{\text{bol}} - m_V. \qquad (10)$$

Значение BC иногда определяется и для других фильтров, но если это специально не указано, то подразумевается фильтр V.

В основном значение BC зависит от температуры звезды, т. е. от ее спектрального класса. Но определенное влияние на значение BC оказывает и плотность звездной атмосферы, что вызывает необходимость учета класса светимости; это немного изменяет значение BC у различных звездных последовательностей на диаграмме спектр—светимость (табл. 76). Условно принимают, что $m_{\text{bol}} \approx m_V$ для звезд спектральных классов F3—F5 главной последовательности ($T_{\text{eff}} \approx 6500$–$7000$ K). Для звезд всех остальных спектральных классов, как более ранних, так и более поздних, значение BC отрицательно. Для Солнца ($T_{\text{eff}} = 5780$ K) получено $BC = -0{,}08^m$. Для горячих звезд класса O7 ($T_{\text{eff}} = 37\,000$ K) и холодных красных сверхгигантов класса M5 ($T_{\text{eff}} = 3000$ K) значение BC достигает -4^m.

1.10.7. Диаграмма «спектр—светимость»

Сравнивая между собой светимости, вычисленные для звезд с измеренными параметрами, мы встречаем звезды-гиганты, в сотни тысяч раз более яркие, чем Солнце, например S Dor ($M_V = -8{,}9^m$), и карлики, в сотни тысяч раз более слабые, например Вольф 359 ($M_V = +16{,}5^m$) Абсолютные величины звезд в зависимости от их спектральных классов представлены на так называемой *диаграмме «спектр—светимость»* (диаграмма Герцшпрунга—Рассела) (рис. 87 и 88).

На ней сразу же выявились две основные ветви: *главная последовательность* и *ветвь гигантов* ($M < +2^m$). Особенно заметно это деление для спектральных классов K и M. Так как температура поверхности звезд одних и тех же спектральных классов для обеих ветвей одинакова, то различие в их светимости объясняется различием размеров этих звезд.

Диаграмма (см. рис. 87) дает возможность найти абсолютную величину M по спектральному классу. Это особенно просто (хотя и не очень точно) для спектральных классов B—F. Определение же абсолютной величины равносильно определению параллакса. Параллакс звезды, определенный по ее абсолютной

звездной величине, найденной по виду спектра, называется *спектральным параллаксом*. Практически дело сводится к определению относительной интенсивности ряда специально выбранных спектральных линий, которые чувствительны к *светимости* звезды, т. е. относительные интенсивности которых связаны с абсолютной величиной звезды.

Для поздних классов пользование этой диаграммой осложняется необходимостью по виду спектра сделать выбор между гигантом и карликом одного и того же спектрального класса. Однако и в этом случае оказалось, что определенные различия в интенсивности некоторых линий позволяют уверенно сделать этот выбор. Атмосфера гиганта имеет меньшую плотность, чем атмосфера звезды главной последовательности. Следовательно, ионизация элементов в атмосфере гиганта и интенсивность соответствующих линий будут больше.

За последние 60 лет определены спектральные параллаксы более 130 000 звезд. Этот метод не дает очень точных результатов для ранних спектральных классов O и B и, естественно, для слишком слабых звезд, для которых нельзя провести точную классификацию спектра и измерение относительной интенсивности линий.

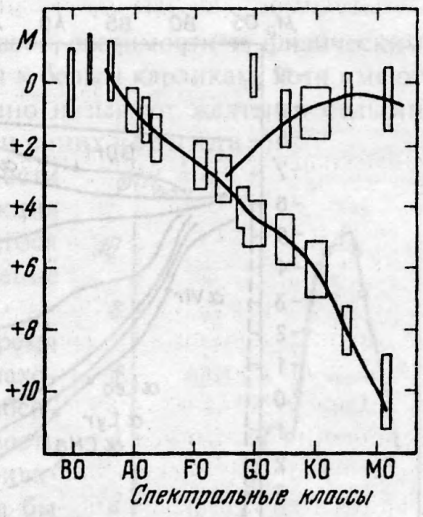


Рис. 87. Диаграмма «спектр—светимость», исправленная за σ_M, вызванную σ_π. Диаграмма была составлена по данным о звездах, для которых определен тригонометрический параллакс. Высота прямоугольника показывает возможные пределы по шкале абсолютных визуальных звездных величин, ширина пропорциональна числу звезд

В дальнейшем, по мере накопления данных наблюдений, на диаграмме «спектр—светимость» выявились еще несколько последовательностей (см. рис. 88). Каждая из них объединяет звезды, сходные по своим физическим свойствам и внутреннему строению и, вероятно, имеющие одинаковый путь развития. Таковы, например, последовательности *сверхгигантов* (ярких и слабых), *субгигантов*, *главная последовательность*, к которой принадлежит большинство звезд, и другие. Данные рис. 88 и табл. 64 нельзя считать окончательными, и в дальнейшем они, несомненно, будут уточняться. Цифрой *VIII* отмечена открытая в 1947 г. Б. А. Воронцовым-Вельяминовым *бело-голубая последовательность*, объединяющая самые горячие звезды различной светимости — от новых звезд между вспышками, ядер планетарных туманностей, звезд Вольфа—Райе до горячих белых карликов.

Надо отметить, что в действительности звезды не ложатся строго на линии последовательностей, но образуют в своей совокупности более или менее широкие полосы. В связи с этим отметим, что открытую П. П. Паренаго последовательность *субкарликов* (*VI*), которая находится несколько ниже главной последовательности, многие склонны рассматривать просто как нижнюю границу полосы, образующей главную последовательность. Отклонение от «средней линии» может определяться различиями в возрасте и в химическом составе звезд. Известно, что звезды, принадлежащие одному звездному скоплению, т. е. образовавшиеся почти одновременно из одного и того же диффузного вещества, располагаются на диаграме «спектр—светимость» гораздо теснее, «в ниточку», параллельно средним линиям диаграммы рис. 88.

Распределение звезд по различным спектральным классам в окрестностях Солнца показано в табл. XIV. В настоящее время для многих звезд оказывается возможным по виду спектра не только указать спектральный класс звезды, но и определить

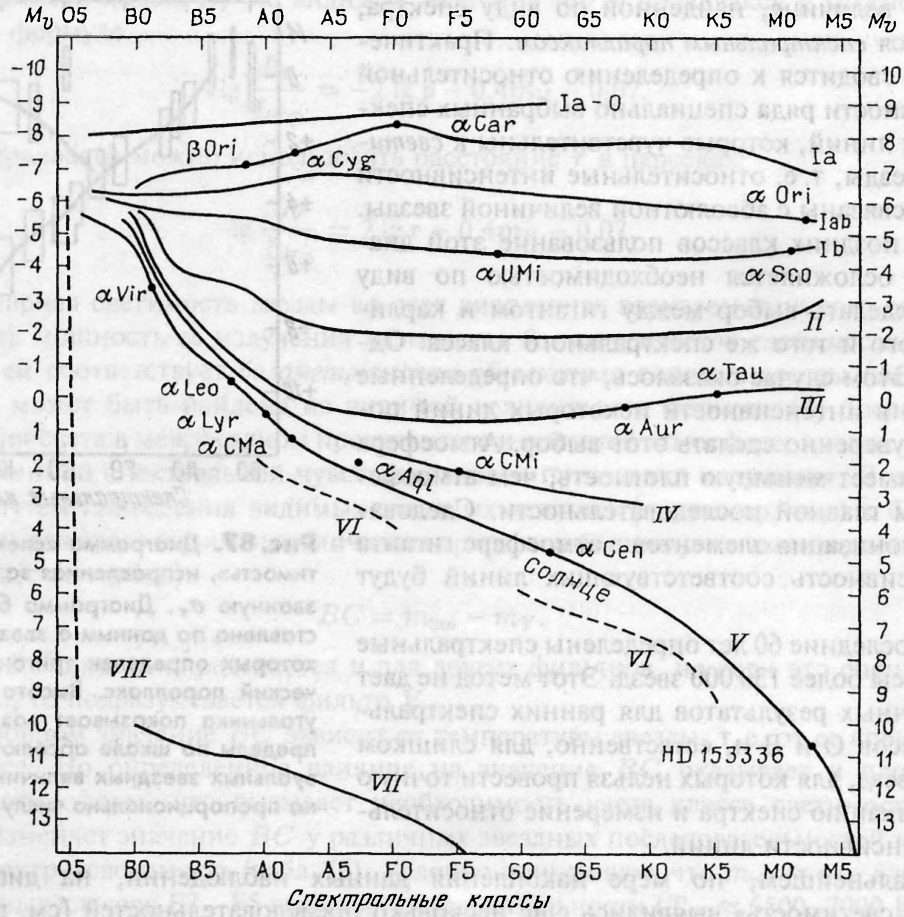


Рис. 88. Диаграмма Герцшпрунга—Рассела. Последовательности: *Ia—O* — самых ярких сверхгигантов, *Ia* — ярких сверхгигантов, *Iab* — средних сверхгигантов, *Ib* — слабых сверхгигантов, *II* — ярких гигантов, *III* — слабых гигантов, *IV* — субгигантов, *V* — главная последовательность, *VI* — субкарликов, *VII* — белых карликов, *VIII* — бело-голубая последовательность. Иногда последовательность *Ia—O* обозначают как Ia^+ и называют последовательностью гипергигантов

Таблица XIV

Относительная численность звезд различных спектральных классов в окрестностях Солнца

Спектр	Наблюдаемое распределение, %	В единице объема пространства, %
B0—B5	2,5	0,03
B6—A4	26,7	0,6
A5—F4	11,0	0,2
F5—G4	16,7	9,3
G5—K4	35,4	39,1
K5—M8	7,6	50,7

ее принадлежность к одной из тех последовательностей звезд, которые показаны на рис. 88. В этом случае к обозначению спектрального класса добавляется римская цифра; согласно табл. 75 часто субкарлики обозначаются символом sd (от английского subdwarf) перед спектральным классом, а белые карлики — wd (white dwarf).

Любопытно отметить, что некоторые звезды по своей светимости и физическим свойствам (например, средней плотности) относятся к белым карликам, хотя имеют спектральный класс F или G. Их несколько странно называют желтыми белыми карликами (подобно тому как говорят о красных или синих чернилах).

Относительное число звезд различной светимости выражается *функцией светимости* $\varphi(M)$. Эта функция показана на рис. 89. После максимума, приходящегося на $M = +15^m$, вероятно, наступает плавное падение числа звезд.

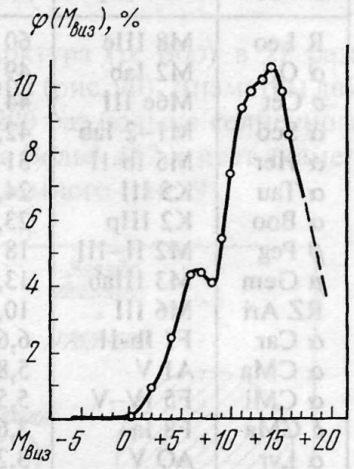


Рис. 89. Функция светимости по данным Г. А. Стариковой

Самая слабая из известных в настоящее время звезд — слабый спутник (18^m) звезды BD+4°4048, находящейся на расстоянии 19 световых лет, — имеет абсолютную звездную величину $M = +19{,}2^m$. Ее светимость в 575 000 раз меньше светимости Солнца. Рассматриваемая с расстояния в 1 а. е., эта звезда-карлик была бы немногим ярче полной Луны. Более слабые звезды нам пока не известны. Самые яркие звезды имеют светимость порядка $10^6 L_\odot$ ($M \sim -10^m$), ярче их сверхновые звезды (M от -14^m до -18^m в максимуме блеска).

Рассмотрение табл. 44 и 45 приводит к выводу, что в Галактике преобладают звезды низкой светимости — звезды-карлики; гиганты и сверхгиганты чрезвычайно редки. Приближенные соотношения таковы: на 10 млн звезд главной последовательности приходится 10 000 субкарликов, 1000 гигантов, 1 сверхгигант и 1 млн белых карликов (последнее число еще требует проверки). Звезды с более низкой температурой, т. е. с еще бóльшим показателем цвета, чем звезды класса M, из-за их слабой светимости пока нам еще недоступны. Наличие в окрестности Солнца (в сфере радиусом 5 пк) пяти-шести белых карликов заставляет предполагать, что всего их в Галактике несколько миллиардов. Субкарлики особенно многочисленны в центральных областях Галактики. Их общее число также, вероятно, весьма велико (~20 %, или $20 \cdot 10^9$ звезд).

1.10.8. Диаметры звезд

В силу чрезвычайной удаленности звезд ни в какой телескоп нельзя увидеть звезду как шарик заметных размеров. Лишь с помощью особых приборов — монтированного на большом телескопе *интерферометра А. Майкельсона* (1921) и в последние годы — *интерферометра интенсивностей Р. Хэнбюри-Брауна*, состоящего из двух мозаичных зеркал диаметром 6,6 м, движущихся независимо друг от друга по кольцевым (диаметром около 200 м) рельсам, — измерены угловые диаметры у более 40 звезд не слабее $2{,}5^m$ (табл. XV). Самый большой угловой диаметр (0,060″), измеренный интерферометром (R Leo), соответствует видимым размерам горошины (диаметром 10 мм), рассматриваемой простым глазом с рассояния 41 км, а самый малый (0,00042″) — той же горошине на расстоянии 3150 км или большой автомобильной шине, лежащей на поверхности Луны. Если звезда расположена на небе в поясе ±6° от эклиптики, то время от времени она покрывается Луной. При этом яркость звезды убывает (или возрастает в момент открытия) не мгновенно, а испытывает колебания вследствие дифракции света на крае лунного диска. Эти колебания тем сильнее, чем меньше угловой диаметр звезды. Записывая скоростным фотометром (с разрешением по времени $\sim 10^{-3}$ сек) блеск звезды в момент ее

Таблица XV

Угловые размеры звезд, измеренных интерферометрами

Звезда	Спектр	Диаметр в 0,001″	Звезда	Спектр	Диаметр в 0,001″
R Leo	M8 IIIe	60 переменный	ε Sgr	B2 II	1,44 ± 0,05
α Ori	M2 Iab	49 переменный	γ Gem	AO IV	1,39 ± 0,09
o Cet	M6e III	44 переменный	α Leo	B7 V	1,37 ± 0,06
α Sco	M1–2 Iab	42,5	β Leo	A3 V	1,33 ± 0,10
α Her	M5 Ib-II	31 ± 3	α Gru	B5 V	1,02 ± 0,07
α Tau	K5 III	24,6	α Vir	B1 III + B2 V	0,87 ± 0,04
α Boo	K2 IIIp	23,4	α Pav	B3 IV	0,80 ± 0,05
β Peg	M2 II–III	18	ϵ CMa	B2 II	0,77 ± 0,03
μ Gem	M3 IIIab	13,65	η CMa	B5 Iα	0,75 ± 0,06
RZ Ari	M6 III	10,18	γ Crv	B8 IIIp	0,75 ± 0,06
α Car	F7 Ib-II	6,6 ± 0,8	γ Ori	B2 III	0,72 ± 0,04
α CMa	A1 V	5,89 ± 0,16	β Cru	B0,5 IV	0,722 ± 0,023
α CMi	F5 IV–V	5,50 ± 0,17	ε Ori	BO Ia	0,69 ± 0,04
δ CMa	F8 Ia	3,60 ± 0,50	β CMa	B1 II–III	0,52 ± 0,03
α Lyr	AO V	3,24 ± 0,07	ζ Oph	O9,5 Vn	0,51 ± 0,05
α Aql	A7 IV–V	2,88 ± 0,10	ζ Ori	O9,5 Ibe	0,48 ± 0,04
β Ori	B8 Ia	2,55 ± 0,05	ε Cen	B1 III	0,48 ± 0,03
α PsA	A3 V	2,10 ± 0,14	δ Sco	B0,3 IV	0,46 ± 0,04
α Eri	B5 IV	1,92 ± 0,07	κ Ori	B0,5 Iav	0,45 ± 0,03
α Oph	A5 III	1,63 ± 0,13	γ^2Vel	WC8 + O7	0,44 ± 0,05
β Car	A2 IV	1,59 ± 0,07	ζ Pup	O5 Iaf	0,42 ± 0,03

покрытия темным краем Луны, удается измерить диаметр звезды или выявить ее двойственность и определить параметры спутника.

Для нескольких десятков затменных двойных можно вычислить угловые диаметры компонентов, если измерены их параллаксы и имеются данные о лучевых скоростях. Еще для нескольких десятков цефеид вычислены размеры на основе пульсационной теории, зависимости «период—светимость» и надежных кривых лучевой скорости. Линейный радиус звезды R связан с ее угловым диаметром d'' соотношением

$$\frac{R}{R_\odot} = \frac{d''}{p} \cdot 107{,}5, \qquad (11)$$

где p — годичный параллакс звезды. Так как между температурой поверхности, размером и светимостью звезд существует определенная связь, выражаемая законом Стефана—Больцмана $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4$ Вт (п. 3.6.1), то можно определить радиус звезды R, зная болометрическую светимость звезды L_{bol} и ее температуру T_{eff}:

$$\lg \frac{R}{R_\odot} = \frac{1}{2} \lg \frac{L}{L_\odot} + 2 \lg \frac{T_\odot}{T_{\text{eff}}} \quad \text{или} \quad R \cong R_\odot \sqrt{L_{\text{bol}}} \left(\frac{5800\ \text{K}}{T_{\text{eff}}} \right)^2,$$

или зная ее абсолютную болометрическую величину M_{bol} и T_{eff}:

$$\lg \frac{R}{R_\odot} = -0{,}2 M_{\text{bol}} - 2 \lg T_{\text{eff}} + 8{,}47. \qquad (11')$$

В фотометрической системе UBV (п. 1.10.3) получим

$$\lg R = 0{,}72(B-V) - 0{,}2 M_V + 0{,}51.$$

Использование этих формул основано на предположении, что звезда излучает, как абсолютно черное тело. Это верно в первом приближении. У звезд поздних

спектральных классов заметное влияние оказывают полосы поглощения молекул, а у самых ранних — избыток ультрафиолетового излучения.

Исследования затменных двойных звезд, являющихся одновременно спектрально-двойными, дают возможность определять линейные размеры звезд-компонентов этих двойных.

Диаметр Альдебарана (α Tau) в 36 раз, диаметр Арктура (α Boo) в 22 раза, а диаметр Капеллы (α Aur) в 16 раз больше диаметра Солнца (рис. 90). Диаметры двух одинаковых компонентов затменно-двойной VV Cep в 1200 раз больше солнечного. В то же время, один из наименьших белых карликов звезда Вольф 457, имеет диаметр 1/300 солнечного и, следовательно, почти втрое меньше земного (рис. 91).

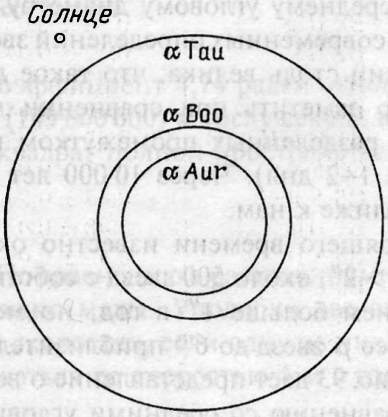


Рис. 90. Некоторые гигантские звезды

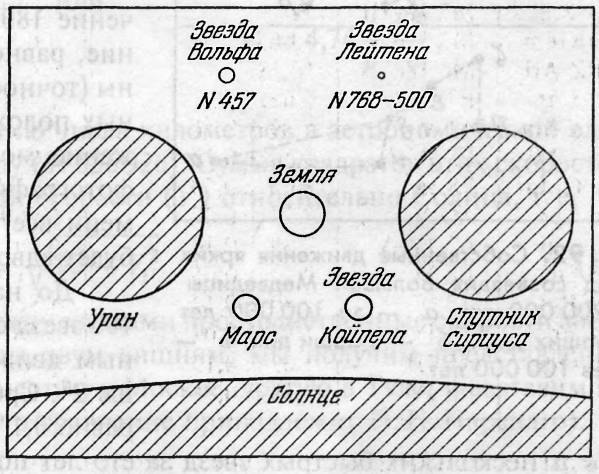


Рис. 91. Наименьшие из известных звезд в сравнении с планетами и Солнцем

Наименьшая из известных звезд (не считая пульсаров и коллапсаров) открыта Лейтеном в созвездии Кита (обозначение LP 768–500): звездная величина $18{,}2^m$; светимость этой голубой звезды равна 1/100 000 солнечной, диаметр $\sim 0{,}1$ диаметра Земли (т. е. как астероид Церера). Таким образом, самая большая звезда по диаметру больше самой маленькой приблизительно в миллион раз. Диаметры нейтронных звезд порядка десятка километров, т. е. отношение увеличивается до миллиарда раз.

Данные табл. 45, в которой собраны основные сведения о ближайших звездах, подтверждают вывод о преобладании во Вселенной звезд-карликов. Из сотни ближайших звезд только четыре по абсолютной величине ярче Солнца.

1.10.9. Движения звезд

В природе нигде нет абсолютного покоя, все находится в движении; звезды, которые с древних времен назывались «неподвижными», также движутся. Движения звезд обнаружил в 1718 г. Э. Галлей, сравнив современные ему положения нескольких ярких звезд с их координатами в каталоге Птолемея (учтя, разумеется, влияние прецессии за все протекшее время). *Собственное движение* звезды (μ) есть выраженная в секундах дуги в год проекция ее полной пространственной скорости на плоскость, касательную к небесной сфере.

Полная характеристика собственного движения включает указание его величины μ и направления, определяемого позиционным углом θ (п. 4.3.1). Из наблюдений обычно определяют экваториальные компоненты собственного движения $\mu''_\alpha = \mu \sin\theta$ (в секундах дуги в год) или $\mu^s_\alpha = \mu \sin\theta/(15\cos\delta)$ (в секундах времени

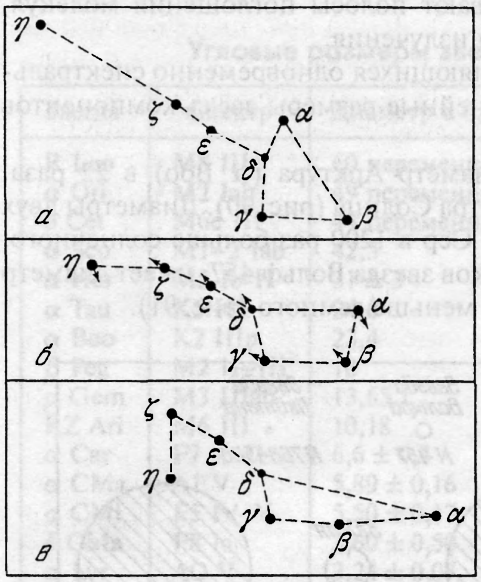


Рис. 92. Собственные движения ярких звезд созвездия Большой Медведицы за 200 000 лет: а — за 100 000 лет до наших дней, б — в наши дни, в — через 100 000 лет

в год) и $\mu''_\delta = \mu \cos\theta$ (в секундах дуги в год), откуда $\mu = \sqrt{\mu''^2_\alpha + \mu''^2_\delta}$. При различии эпох в 10–12 лет погрешность фотографических определений μ по каждой координате $\pm 0{,}016''$ (в немногих случаях меньше). Собственные движения звезд незаметны глазу; привычный вид созвездий изменится только по прошествии десятков тысяч лет (рис. 92). Наибольшее собственное движение ($10{,}27''$) имеет так называемая «летящая звезда» Барнарда. В течение 180 лет она перемещается на расстояние, равное среднему угловому диаметру Луны (точность современных определений звездных положений столь велика, что такое движение можно заметить при сравнении двух фотографий, разделенных промежутком времени всего в 1–2 дня). Через 10 000 лет она будет вдвое ближе к нам.

До настоящего времени известно около 100 звезд с $\mu > 2''$, около 500 звезд с собственным движением больше $1''$ в год, но меньше $2''$. Среднее μ звезд до 6^m приблизительно равно $0{,}1''$. Рис. 93 дает представление о величине μ нескольких быстрых звезд за сто лет по сравнению со средними угловыми размерами Луны. Известно 4000 звезд ярче $m_{ph} = 21{,}5^m$ с $\mu > 0{,}5''$. Из них половина ярче $14{,}2^m$. Собственные движения определены более чем у 800 000 звезд.

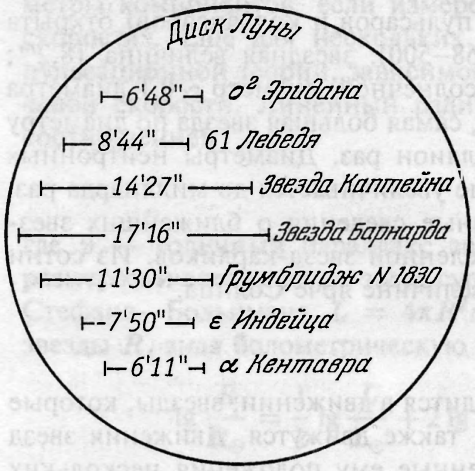


Рис. 93. Собственные движения нескольких «быстролетящих» звезд. Показано движение за 100 лет по сравнению с размерами диска Луны

Изучение собственных движений, а также проекций пространственных скоростей на луч зрения, т. е. *лучевых скоростей* (V_r) звезд, позволило определить направление и скорость движения Солнца в пространстве[31], подметить ряд особенностей в движениях звезд и обнаружить вращение Галактики. Определены V_r для более чем 30 000 звезд. Погрешности определения V_r составляют несколько км/с для звезд ранних спектральных классов и уменьшаются до $\pm 0{,}05$ км/с для поздних. В отдельных случаях погрешность доходит до нескольких м/с. Около 60 % измеренных V_r звезд заключены в пределах ± 20 км/с, и только ~ 4 % имеют значения, превышающие 60 км/с. Почти два десятка звезд имеют $V_r > 250$ км/с. Их пространственные скорости больше параболической, и они, вероятно, покидают Галактику. Наибольшие из измеренных V_r принадлежат

[31] Солнце движется относительно окружающих его звезд со скоростью 19,5 км/с в направлении, которое определяется координатами: $\alpha = 270°$, $\delta = +30°$. Эта точка называется *апексом* движения Солнца.

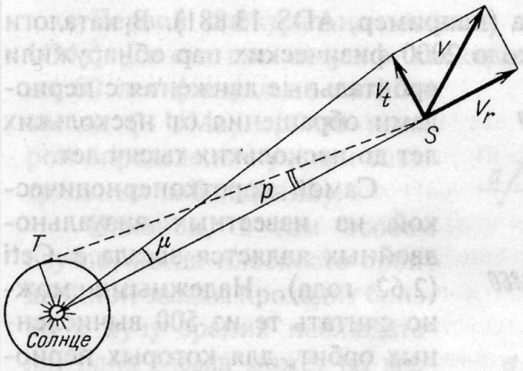


Рис. 94. Компоненты пространственной скорости звезды

звездам BD − 29°2277(+536 км/с) и VH Her (−405 км/с). Тангенциальная скорость V_t есть собственное движение, выраженное, как и лучевая скорость, в километрах в секунду. Ее можно получить, зная расстояние до звезды D (а следовательно, и параллакс p) и собственное движение μ (рис. 94) по следующей формуле:

$$V_t = \frac{\mu}{p}\ \frac{\text{а. е.}}{\text{год}},$$

или

$$V_t = 4{,}74\frac{\mu}{p}\ \frac{\text{км}}{\text{с}}, \qquad (12)$$

где коэффициент 4,74 равен отношению числа километров в астрономической единице (149 600 000) к числу секунд в году (31 556 926). Сумма квадратов этих скоростей дает квадрат полной пространственной скорости (V) относительно Солнца, т. е.

$$V = \sqrt{V_r^2 + V_t^2}. \qquad (13)$$

По сравнению с расстояниями между звездами пространственные скорости звезд ничтожно малы. Уподобив две звезды двум вишням, мы получим представления об их скоростях, если одну из них поместим в Москве, другую в Туле, и заставим их сближаться со скоростью 1 м в год (это сравнение принадлежит П. П. Паренаго).

1.10.10. Двойные и кратные звезды

До XVIII в. считалось, что двойственность звезд есть следствие вполне случайного расположения звезд, при котором они хотя и видны одна возле другой, но в пространстве они далеки друг от друга, т. е. являются *оптическими двойными*. Однако в начале XIX в. У. Гершель открыл, что некоторые двойные звезды представляют собой физически связанные пары — *физические двойные*. Две звезды находятся в пространстве близко одна к другой и обращаются вокруг *общего центра масс*, подчиняясь закону всемирного тяготения. В течение нескольких десятилетий можно проследить видимое криволинейное движение спутника относительно главной звезды — видимый эллипс ее орбиты (рис. 95), вычислить элементы его истинной орбиты (п. 3.5.1) и иметь возможность определять положение спутника на его орбите для любого момента времени (т. е. вычислять его *эфемериду*).

В табл. 51 включены те двойные звезды, которые могут служить для испытания разрешающей способности трубы. В табл. 52 отмечены двойные звезды с резким различием цветов.

Все двойные звзезды, доступные непосредственному разделению на компоненты, хотя бы с помощью больших телескопов (т. е. с угловым расстоянием на небе больше чем 0,10″–0,15″ при не слишком большом различии в блеске компонентов), объединены общим названием *визуально-двойных звезд*. Они обозначаются порядковыми номерами специальных каталогов двойных звезд, например, Σ 201 — двойная звезда, занесенная под номером 201 в каталог В. Я. Струве, OΣ 141 — № 141 в каталоге О. В. Струве; буква β обозначает каталог Бернгема, A — Эйкина, Hu — Хасси, I — Иннеса, B — ван ден Боса, Rst — Росситера, φ — Финзена и т. д. Иногда пользуются номерами общих (сводных) каталогов двойных звезд:

Бернгема (например, BDS 1351) или Эйкина (например, ADS 13 881). В каталоги занесено уже более 70 000 двойных звезд. Около 2000 физических пар обнаружили орбитальные движения с периодами обращения от нескольких лет до нескольких тысяч лет.

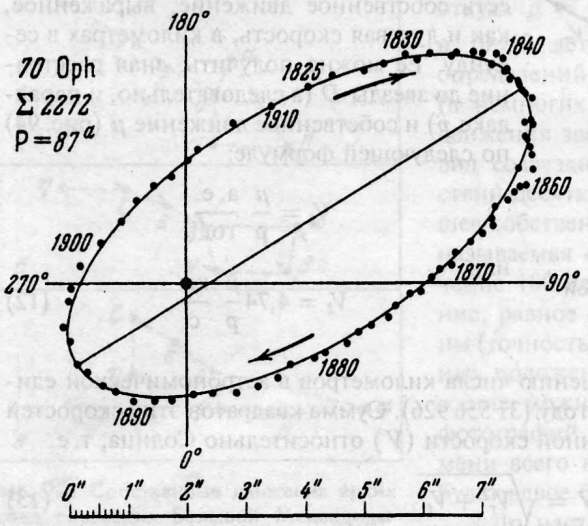


Рис. 95. Орбита (видимая) визуально-двойной звезды 70 Oph по наблюдениям с 1825 по 1910 гг.

Самой короткопериодической из известных визуально-двойных является звезда ε Ceti (2,62 года). Надежными можно считать те из 500 вычисленных орбит, для которых периоды меньше 400–500 лет. Трудно указать самый большой период обращения для известных в настоящее время двойных звезд; может быть, это σ^2 UMa ($\Sigma 2$) с периодом около 11 000 лет. Для звезд с очень медленным орбитальным движением периоды обращения оцениваются в несколько сотен тысяч лет.

Иногда компонентами физических двойных оказываются звезды, довольно далеко расположенные друг от друга, но имеющие близкие собственные движения, параллаксы и лучевые скорости. Это так называемые *широкие пары*. В пространстве их компоненты отстоят друг от друга на тысячи и десятки тысяч астрономических единиц. Их периоды обращения должны достигать миллионов лет. Такова, например, звезда Проксима Кентавра, которая движется в пространстве вместе с яркой двойной звездой α Кентавра. На небе их разделяет угловое расстояние в 2°, что соответствует линейному расстоянию не меньше 10 000 а. е.

Особый класс представляют собой *спектрально-двойные* звезды. Их нельзя увидеть раздельно с помощью современных оптических средств; двойственность их обнаруживается по периодическим изменениям в их спектре — периодическим смещениям или разделениям спектральных линий. Если оба компонента двойной звезды имеют одинаковый блеск и особенно если они принадлежат к одному спектральному классу — периодическое раздвоение линий и их слияние проявляются особенно ясно. Если же видны линии спектра только одного компонента, то они периодически колеблются около некоторого среднего положения. Принцип Доплера (п. 3.6.2) дает этому исчерпывающее объяснение: смещение и раздвоение линий происходит вследствие орбитального движения компонентов вокруг общего центра масс, причем плоскость орбиты составляет не очень большой угол с лучом зрения.

Измерение смещения линий в спектре дает возможность определить лучевые скорости и узнать, как они меняются с течением времени. Так как эти изменения совершаются периодически, можно построить *кривую лучевых скоростей*. Ее анализ дает возможность определить орбитальные элементы: период P, момент прохождения через периастр T, долготу периастра ω, эксцентриситет орбиты e. Наклонение i и большую полуось a нельзя получить отдельно — из спектральных наблюдений можно определить лишь произведение $a \sin i$. Некоторое представление о характере кривой лучевых скоростей в зависимости от формы и расположения орбиты может дать рис. 96. Из 2500 известных спектрально-двойных звезд для 800 вычислены орбиты.

Первой спектрально-двойной звездой, открытой в 1889 г., был Мицар (ζ UMa). До сих пор открыты спектрально-двойные с периодами от $0{,}1084^d$ (γ UMi) до 60 лет (визуально-двойная звезда ζ UMa, орбита которой определена с учетом спектральных наблюдений).

Наконец, в том особом случае, когда плоскость орбит двойной звезды проходит близко к лучу зрения наблюдателя, одна звезда может на время полностью или частично заслонить другую и тогда происходит затмение (рис. 97). Такие звезды называются *затменными двойными звездами*. Их периоды также очень разнообразны: от $0{,}0567^d = 81^m38^s$ (WZ Sge, пока это кратчайший из известных орбитальных периодов во Вселенной, даже периоды обращения ИСЗ больше!) до 57 лет (BM Eri). Возможно, V 644 Cen окажется затменной звездой с наибольшим известным периодом, так как у нее затмение продолжалось 17 лет. Можно думать, что ее период не меньше 65 лет, а вероятнее всего, около 200 лет. Открыто уже более 4080 затменно-двойных. Из них 2669 типа Алголя (EA), 488 — типа β Lyr (EB), 374 — типа W UMa (EW), 9 — эллиптические (Ell), у которых затмение не происходит, а блеск меняется в зависимости от изменения величины поверхности звезд, обращенной к наблюдателю; еще 542 затменные недостаточно изучены.

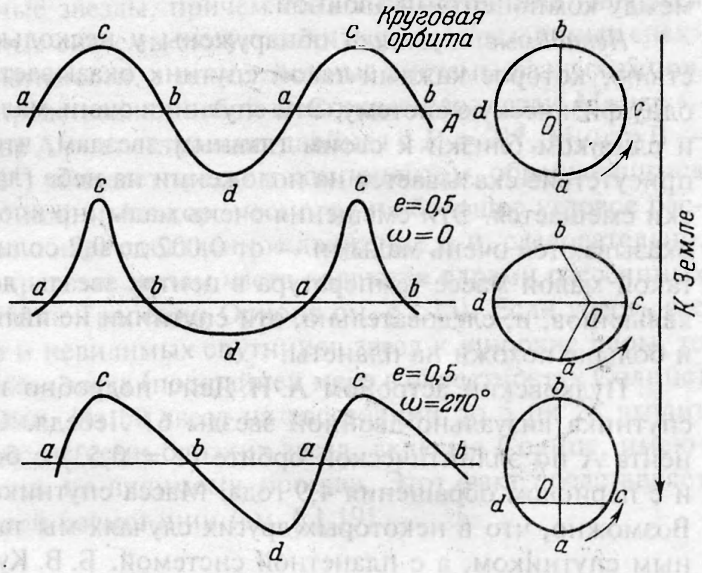


Рис. 96. Кривые лучевых скоростей при различных эксцентриситетах и различном расположении орбит спектрально-двойных звезд

Степень и относительная (в долях периодов) продолжительность ослаблений блеска зависят от размеров звезд, их взаимных расстояний, различия в блеске и цвете и от угла наклонения орбиты. Детально разработана теория анализа кривых изменения блеска затменных звезд, в итоге которого получаются элементы орбиты и отношение размеров звезд, даже в том случае, если нет параллельных спектральных наблюдений. Если же затменная переменная исследована и как спектрально-двойная, то можно получить размеры и массы звезд, а также величину орбиты в километрах и сравнить звезды с нашим Солнцем. На рис. 97 показаны кривая блеска затменной и схематическое изображение двойной системы.

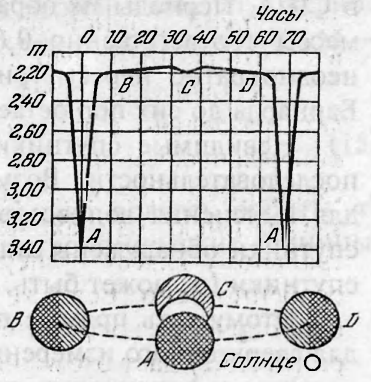


Рис. 97. Кривая блеска Алголя (период $2{,}87^d$) и схематическое изображение системы этой двойной звезды; масштаб показан размером Солнца

Некоторые затменно-двойные обнаруживают наличие мощных газовых потоков и расширяющихся и вращающихся газовых колец, окружающих одну или обе составляющие двойной. Изучение изменений в спектре некоторых затменных двойных звезд дает возможность исследовать строение и состав атмосфер звезд-гигантов.

У ряда затменных происходят непериодические изменения периодов, что объясняется особенностями обмена веществом и обмена моментами количества движения между компонентами двойной.

Невидимые спутники обнаружены у нескольких десятков звезд по тому действию, которое каждый такой спутник оказывает на звезду, составляющую с ним одну физическую систему. Эти спутники очень малы (и, следовательно, очень слабы) и слишком близки к своим главным звездам, чтобы можно было их увидеть. Их присутствие сказывается на положении на небе главной звезды, которая периодически смещается. Эти смещения очень малы, но вполне измеримы. Массы спутников оказываются очень малыми — от 0,002 до 0,2 солнечной массы. Возможно, что при такой малой массе температура в центре звезды должна быть порядка сотни тысяч кельвинов, и, следовательно, эти спутники не являются самосветящимися звездами и больше похожи на планеты.

Пулковский астроном А. Н. Дейч подробно исследовал движение невидимого спутника визуально-двойной звезды 61 Лебедя. Спутник движется вокруг компонента А по эллиптической орбите ($e = 0{,}53$) с большой полуосью, равной 3 а. е., и с периодом обращения 4,9 года. Масса спутника составляет 0,010 массы Солнца. Возможно, что в некоторых других случаях мы также имеем дело не с одним темным спутником, а с планетной системой. Б. В. Кукаркин обратил внимание на то, что если бы с ближайшей звезды велись точные измерения положения Солнца, то могли бы быть обнаружены колебания с амплитудой 0,02″ и с периодом $P = 59$ лет. Этот период соответствует соизмеримости периодов обращения Юпитера и Сатурна. По этим наблюдениям можно было бы заподозрить наличие у Солнца спутника, движущегося по эллиптической орбите с периодом в 59 лет и массой в несколько тысячных долей массы Солнца.

«Летящая звезда» Барнарда, иначе — Проксима («ближайшая») Змееносца — имеет, вероятно, три невидимых спутника, открытых и изученных П. ван де Кампом в США. Периоды их обращений 6, 12 и 25 лет, радиусы орбит 1,8, 2,9, и 4,6 а. е., массы соответственно 0,63, 0,89 и 1,96 массы Юпитера. Правда, эти значения неоднократно пересматривались, и даже сам факт наличия спутников у звезды Барнарда до сих пор остается под сомнением.

Невидимые спутники малой массы обнаружены пока лишь у звезд главной последовательности. Возможно, что это обстоятельство имеет большое значение для выяснения вопроса о происхождении планетных систем. Так как невидимые спутники обнаружены лишь среди близких к Солнцу звезд, возможно, что темные спутники (и, может быть, планетные системы) не так уж редки во Вселенной.

Этому есть прямые подтверждения: созданная в начале 1990-х гг. аппаратура для сверхточного измерения лучевых скоростей звезд (до 10 м/с) позволила в 1995 г. надежно зафиксировать периодические «покачивания» некоторых ближайших звезд под влиянием обращающихся вокруг них планет-гигантов типа Юпитера и Сатурна; их назвали *экзопланетами*. К концу 2001 г. обнаружено около 70 экзопланет; некоторые из них объединены в системы, например, у звезды υ And система минимум из трех планет. А вокруг нейтронной звезды-радиопульсара PSR 1257+12 обращаются несколько планет приблизительно земной массы (заметить присутствие столь «легких» объектов пока удается только радиометодами).

Верхняя граница массы экзопланет соответствует примерно 13 массам Юпитера. Более массивные тела, в интервале от 13 до 70–80 масс Юпитера, называют *коричневыми карликами*, они также обнаружены. Это переходный тип между планетами и звездами, поскольку в их недрах могут протекать термоядерные реакции

с самыми «легкогорящими» изотопами. Еще более массивные тела ($M > 80$ масс Юпитера $= 0{,}08 M_\odot$) являются нормальными звездами.

Из числа двойных звезд около 1/3 является тройными звездами. Встречаются также четверные и даже шестерные звезды, причем большинство из них являются физическими системами. В кратные системы могут входить звезды различных спектральных классов и различной светимости, а также двойные системы разных типов. Так, например, Мицар и Алькор представляют собой шестикратную звезду: Мицар — двойная с расстоянием 14″ (Мицар А — спектрально-двойная с $P = 21^d$, Мицар В — спектрально-двойная с $P = 182{,}3^d$) обладает третьим компонентом, обращающимся вокруг этой пары с $P = 1350^d$. Мицар и Алькор, несмотря на большое угловое расстояние между ними (12″), имеют общее собственное движение μ и, следовательно, составляют одну систему. Многократные звезды часто являются ядрами рассеянных звездных скоплений (о кратных типа Трапеции Ориона см. § 1.13). Если учесть все типы двойных звезд, в том числе и невидимых спутников звезд и широкие пары, то окажется, что больше половины всех звезд (по крайней мере в окрестностях Солнца) являются двойными или кратными. Из 50 звезд на расстоянии до 5 пк 28 входит в состав 15 двойных или кратных; из семи близких звезд, включая Солнце, имеющее планетную систему, лишь одна, по-видимому, простая. Этот факт представляет значительный интерес для звездной космогонии (см. § 1.19).

1.10.11. Массы звезд

Применение третьего закона Кеплера в его точной форме (76) к движению спутника визуально-двойной звезды позволяет определить сумму масс обеих звезд:

$$\frac{(\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2)P^2}{(\mathfrak{M}_\odot + \mathfrak{M}_\oplus)T^2} = \frac{A^3}{a^3}, \tag{14}$$

где P — период обращения спутника вокруг главной звезды, A — большая полуось его орбиты, T — звездный год и a — большая полуось земной орбиты. Если теперь пренебречь малой по сравнению с массой Солнца массой земли $\mathfrak{M}_\oplus$, период двойной звезды выразить в годах, A — в астрономических единицах, а массы звезд — в единицах солнечной массы, то можно написать:

$$\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 = \frac{A^3}{a^3}. \tag{15}$$

Анализ наблюдений двойной звезды дает нам большую полуось орбиты a'' в угловой мере (в секундах дуги). Чтобы перевести ее в астрономические единицы, надо знать параллакс звезды p. Тогда

$$A = \frac{a''}{p''}.$$

Окончательно,

$$\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 = \left(\frac{a''}{p''}\right)^3. \tag{16}$$

Если из наблюдений можно вывести орбиту каждого из компонентов по отношению к их общему центру масс, то в каждый данный момент расстояния звезд от этого центра обратно пропорциональны их массам:

$$\frac{r_1''}{r_2''} = \frac{\mathfrak{M}_2}{\mathfrak{M}_1}. \tag{17}$$

Отсюда и из предыдущего выражения можно получить массу каждого компонента в отдельности.

Самые надежные данные о массах звезд получаются при изучении визуально-двойных, спектрально-двойных и затменных звезд. Определение масс одиночных звезд основано на применении к ним той систематической зависимости между массами звезд и их светимостями, которая вытекает из сопоставления этих характеристик для большого числа двойных звезд и оправдывается современной теорией внутреннего строения звезд (зависимость А. Эддингтона): светимость звезды приблизительно пропорциональна кубу ее массы. На рис. 98 совокупность данных (кроме белых карликов) может быть представлена формулой:

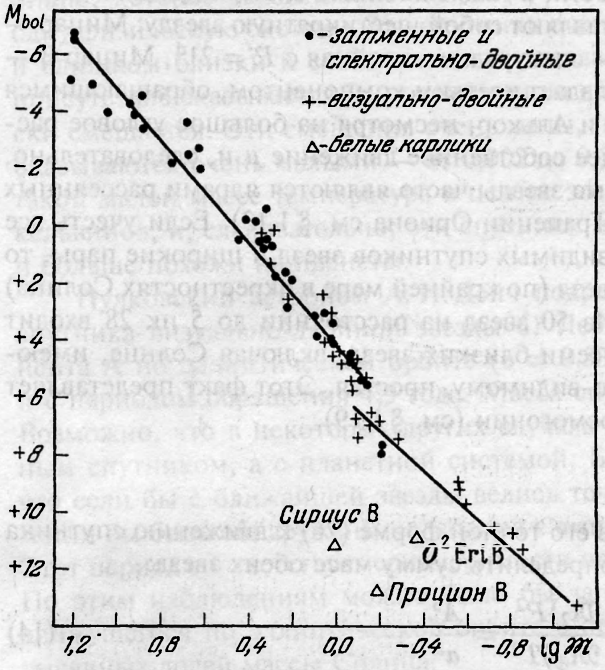


Рис. 98. Зависимость «масса—светимость» для звезд главной последовательности

$$M_{bol}=\begin{cases}3{,}9-9{,}3\lg\mathfrak{M} & (M_{bol}<+6^m),\\ 5{,}7-6{,}4\lg\mathfrak{M} & (M_{bol}>+6^m),\end{cases} \quad (18)$$

где M_{bol} — болометрическая абсолютная величина звезды.

Рис. 98 дает представление о том, с какой степенью уверенности получается зависимость «масса — светимость» по данным о двойных звездах.

Распространяя эту зависимость на одиночные звезды, можно, зная светимость звезды, определить ее массу. Для звезд главной последовательности можно принять зависимость, характеризуемую приводимой табл. XVI. Маленькие и слабые, но горячие *белые карлики* не удовлетворяют зависимости «масса — светимость». Их массы в действительности значительно больше тех, которые соответствуют их светимости по этой зависимости. Это особые, чрезвычайно плотные звезды. Их средняя плотность равна $4\cdot10^5$ г/см^3. В настоящее время открыто уже более 300 белых карликов. Так как их светимость очень мала и они могут быть обнаружены лишь в окрестностях Солнца, то, следовательно, во всей Галактике их должно быть много больше. В окрестностях Солнца они составляют 6% общего числа звезд.

Таблица XVI

Связь M_{bol} с массой $\mathfrak{M}$ (в массах Солнца) для звезд главной последовательности

M_{bol}	−7	−6	−5	−4	−3	−2	−1	−0	+1	+2
$\mathfrak{M}$	20	14	11	8,3	6,46	5,13	4,00	3,09	2,34	1,78
M_{bol}	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12
$\mathfrak{M}$	1,35	1,05	0,79	0,62	0,48	0,36	0,28	0,21	0,16	0,12

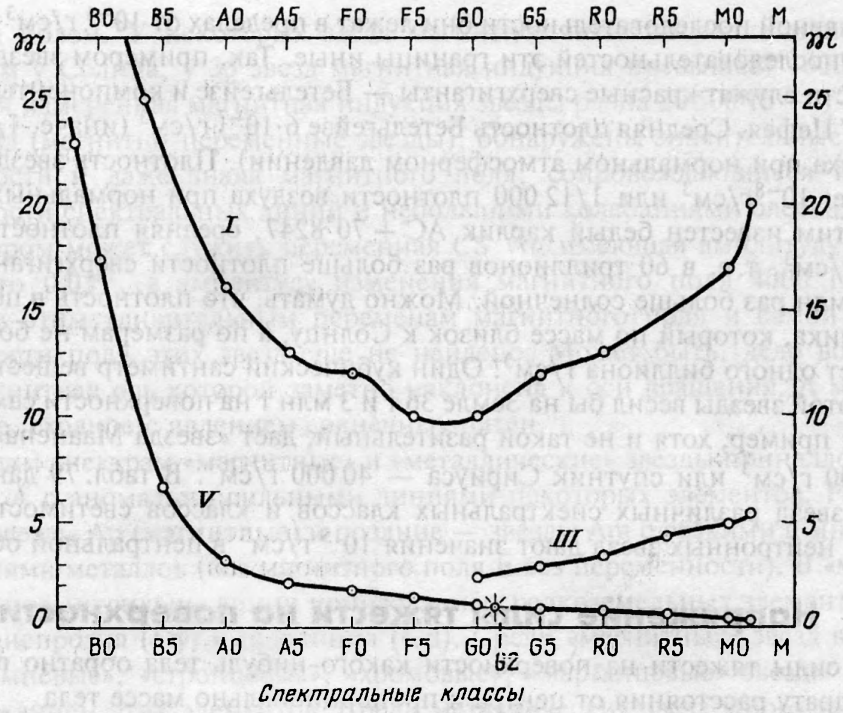


Рис. 99. Массы звезд различных спектральных классов

Звезды субкарлики и субгиганты также не подчиняются приведенной зависимости «масса—светимость». Звезды различных последовательностей на диаграмме «спектр—светимость» удовлетворяют различным зависимостям «масса—светимость». Самыми массивными являются звезды класса О. Их массы в 50–75 раз больше массы Солнца. В то же время известны звезды, имеющие массы в 20–50 раз меньше солнечной. Массы большинства звезд заключены в пределах от 0,02 до $4\mathfrak{M}_\odot$. Из теоретических соображений следует, что масса устойчивой звезды не может превышать $65\mathfrak{M}_\odot$. Действительно, звезды, для которых оценка массы дает большее значение, обнаруживают признаки нестационарности (например, колебания блеска). Нижним пределом массы нормальной звезды, в недрах которой возможны термоядерные реакции с участием водорода, является $0{,}08\mathfrak{M}_\odot$ (предел Кумара). Звезды с массами от 0,013 до $0{,}08\mathfrak{M}_\odot$ «сжигают» только дейтерий и затем быстро остывают; это «коричневые карлики». Тела меньшей массы не будут самосветящимися, т. е. будут больше похожи на планеты. Таким образом, отношение массы самой «тяжелой» звезды к массе «легчайшей» составляет примерно 10^3. Средняя масса звезд в окрестностях Солнца равна 0,41 солнечной массы. Рис. 99 показывает зависимость средних масс звезд от их спектра для трех классов светимости (см. также табл. XVII).

1.10.12. Плотности звезд

Среднюю плотность звезды можно вычислить, деля ее массу на объем:

$$\bar{\rho} = \frac{3\mathfrak{M}}{4\pi R^3}. \qquad (19)$$

Таким образом, например, было определено, что средняя плотность Солнца равна 1,41 г/см^3. Из того, что массы звезд отличаются друг от друга меньше, чем их размеры, следует, что средние плотности звезд заключены в очень широких пределах.

Для звезд главной последовательности они лежат в пределах от 10^{-4} г/см^3 до 4 г/см^3. Для других последовательностей эти границы иные. Так, примером звезд очень малой плотности служат красные сверхгиганты — Бетельгейзе и компоненты затменно-двойной VV Цефея. Средняя плотность Бетельгейзе $6 \cdot 10^{-7}$ г/см^3 (иначе, 1/2000 плотности воздуха при нормальном атмосферном давлении). Плотность звезд VV Цефея еще меньше: 10^{-8}г/см^3 или 1/12 000 плотности воздуха при нормальных условиях. Наряду с этим известен белый карлик AC + 70°8247, средняя плотность которого 36 000 000 г/см^3, т. е. в 60 триллионов раз больше плотности сверхгиганта Бетельгейзе, в 10 млн раз больше солнечной. Можно думать, что плотность в центре этого белого карлика, который по массе близок к Солнцу, а по размерам не больше Марса, достигает одного биллиона г/см^3! Один кубический сантиметр вещества средней плотности этой звезды весил бы на Земле 36 т и 3 млн т на поверхности самой звезды.

Другой пример, хотя и не такой разительный, дает «звезда Маанена» с плотностью 400 000 г/см^3 или спутник Сириуса — 40 000 г/см^3. В табл. 79 даны средние плотности звезд различных спектральных классов и классов светимости. Оценки плотностей нейтронных звезд дают значения 10^{15} г/см^3 в центральной области.

1.10.13. Напряжение силы тяжести на поверхности звезды

Ускорение силы тяжести на поверхности какого-нибудь тела обратно пропорционально квадрату расстояния от центра и пропорционально массе тела

$$g = \frac{G \cdot \mathfrak{M}}{R^2},$$

где G — постоянная тяготения — равна $6{,}672 \cdot 10^{-11}$ Н · м^2/кг.

Для Солнца $g_\odot = 274$ м/с^2. Для звезд различных спектральных классов значения M_{bol}, $g/g_\odot$ и $\mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$ приводятся в табл. XVII.

Таблица XVII

Светимости, массы и напряжения силы тяжести звезд в зависимости от спектра

Спектр	M_{bol}	$g/g_\odot$	$\mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$	Спектр	M_{bol}	$g/g_\odot$	$\mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$
W	-6^m	0,33	12	gF0	$+0{,}6^m$	0,14	2,5
O8	−7	0,13	19	gG0	+0,3	0,034	2,5
B0	−5,9	0,22	14	gK0	−0,1	0,011	2,5
B5	−2,7	0,29	6	gM0	−1,7	0,0015	2,5
A0	+0,3	0,55	2,8	cO, cB	−8	0,3	25
A5	+2,0	0,66	1,8	cF	−4,5	0,3	10
dF0	−2,9	0,71	1,4	cM	−4	0,04	10
dG0	+4,5	0,85	0,9	A5 wd	+11	103	0,5
dK0	+6,2	1,18	0,6				
dM0	+8,2	1,2	0,3				

1.10.14. Магнитные поля звезд

Когда прогресс наблюдательной техники позволил изучать спектры ярких звезд почти столь же детально, как спектр Солнца или солнечных пятен (с 1946 г.), выяснилось, что около 150 звезд, большей частью класса A, расположенных на диаграмме Г—Р на 1^m выше нормальных звезд, и ряд гигантов классов M и S обладают

магнитным полем. У некоторых звезд магнитное поле по интенсивности много больше, чем у Солнца; у 35 звезд магнитная индукция превышает 1000 Гс (гаусс); наибольшая измеренная магнитная индукция звезды равна 20 500 Гс — у HD 215441. У ряда звезд (магнитно-переменные звезды), обнаружены значительные изменения интенсивности и даже знака магнитного поля, сопровождающиеся изменением интенсивности спектральных линий и небольшими колебаниями блеска.

Примером может служить переменная CS Vir, имеющая амплитуду изменения блеска всего $0{,}05^m$, а амплитуду изменения магнитного поля 4000 Гс. Полного объяснения этим удивительным переменам магнитного поля и самóй громадной интенсивности поля этих звезд еще не найдено. Может быть, дело во вращении звезды, магнитная ось которой заметно наклонена к оси вращения. А может быть, это явление, сходное с явлением солнечных пятен.

По своим спектрам «магнитные» и «металлические» звезды принадлежат к звездам класса А с аномально сильными линиями некоторых элементов. Ранние подклассы — звезды Ap (магнитные) и поздние — звезды Am с резкими и многочисленными линиями металлов (без магнитного поля и без переменности). В «магнитных» звездах аномально сильны линии ионизованных редкоземельных элементов — европия (Eu), диспрозия (Dy) и гадолиния (Gd). Среди «магнитных» звезд встречаются также «кремневые», «стронцевые», «хромовые», «марганцевые» звезды с аномальным содержанием этих элементов. Среди металлических звезд много тесных двойных (спектрально-двойных).

1.10.15. Вращение звезд

Изучение спектров звезд (ширин и профилей спектральных линий металлов) привело к выводу, что многие звезды вращаются вокруг своей оси, причем звезды спектральных классов О и В в среднем вращаются с большой скоростью, достигающей 200–350 км/с на экваторе (самая большая зарегистрированная скорость вращения порядка 500 км/с). Звезды класса А вращаются со скоростью 120–190 км/с. Скорость вращения звезд поздних классов меньше (у звезд класса G, K, M она $\sim$10 км/с). Для Солнца эта скорость составляет лишь 2 км/с, что, вероятно, связано с наличием планетной системы около него. Некоторые затменные двойные звезды обнаруживают в кривых лучевых скоростей характерную волну вблизи момента затмения (рис. 100), свидетельствующую о вращении компонентов. По направлению вращение компонентов совпадает с орбитальным движением.

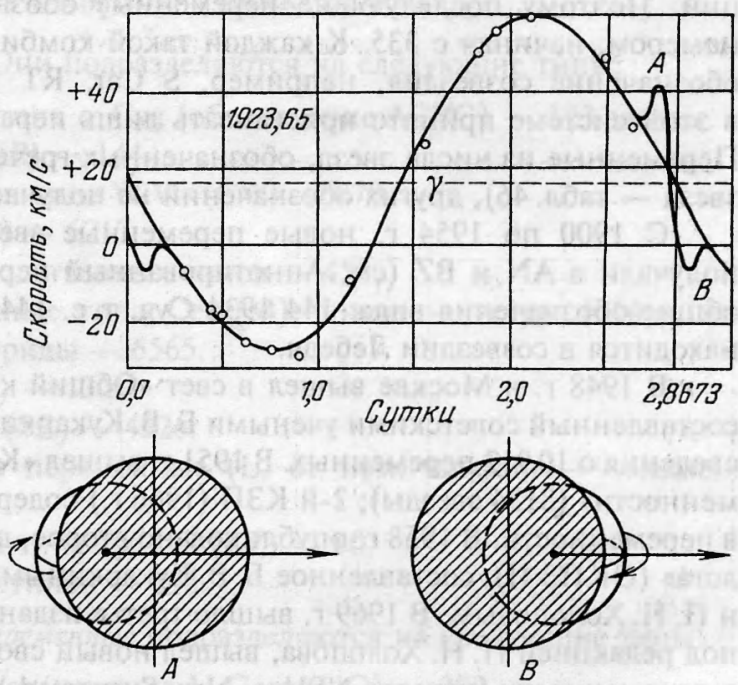


Рис. 100. Влияние вращения звезды на кривую лучевых скоростей затменной двойной звезды (Алголя)

1.10.16. Переменные звезды

Переменные звезды — это звезды, блеск которых, приведенный к одинаковым условиям наблюдений, подвержен колебаниям. Амплитуды колебаний блеска — от самых малых (несколько тысячных звездной величины) до $15-19^m$ и больше. Чем более совершенные фотометры употребляются, тем больше открывают переменных звезд малой амплитуды. Сейчас известно уже около 60 тыс. переменных в Галактике и десятки тысяч — в других галактиках. Вероятно, переменность появляется на определенных этапах эволюции каждой звезды.

Независимые открытия переменности блеска порождают различные обозначения. Например, открытые в СССР получали *предварительное обозначение* СПЗ, или SVS, и очередной номер; открытые на Гарвардской обсерватории (США) — HV и номер; открытые на Зоннебергской обсерватории (Германия) обозначают буквой S и номером, и т. д. Новые звезды иногда обозначали буквой N (в некоторых случаях в сопровождении номера) и названия созвездия. Например, N3 Sgr — третья новая в созвездии Стрельца; к этому добавляют год вспышки. Все это вызвало необходимость создания единой системы централизованного присвоения обозначения переменной. В послевоенное время этим занимаются члены Московского центра, в который входят некоторые сотрудники Института астрономии РАН и ГАИШ МГУ.

Переменные звезды обозначаются в каждом созвездии латинскими прописными буквами от R до Z, а затем комбинациями каждой из этих букв с каждой из последующих от RR до ZZ, после чего используются комбинации всех букв от A до Q с каждой из последующих, от AA до QZ (из всех комбинаций исключается буква J, которую в рукописном написании легко спутать с буквой I). Во многих созвездиях открыто более 334 переменных, т. е. более числа указанных буквенных комбинаций. Поэтому последующие переменные обозначаются буквой V и порядковым номером, начиная с 335. К каждой такой комбинации прибавляется трехбуквенное обозначение созвездия, например, S Car, RT Per, V557 Sgr и т. д. Обозначения в этой системе принято присваивать лишь переменным звездам нашей Галактики. Переменные из числа звезд, обозначенных греческими буквами (п. 1.10.1 и каталог звезд — табл. 46), других обозначений не получают.

С 1900 по 1954 г. новые переменные звезды, открытые в разных странах, получали в AN и BZ (см. Аннотированный перечень журналов.) предварительные общие обозначения вида: 144 1934 Cyg, т. е. 144-я переменная, открытая в 1934 г., находится в созвездии Лебедя.

В 1948 г. в Москве вышел в свет «Общий каталог переменных звезд» (ОКПЗ), составленный советскими учеными Б. В. Кукаркиным и П. П. Паренаго. Он содержал сведения о 10 912 переменных. В 1951 г. вышел «Каталог звезд, заподозренных в переменности» (8134 звезды); 2-й КЗП (1966 г.) содержит еще 3907 звезд, заподозренных в переменности. В 1958 г. опубликовано второе, дополненное издание «Общего каталога» (ОКПЗ II), составленное Б. В. Кукаркиным, П. П. Паренаго, Ю. И. Ефремовым и П. Н. Холоповым. В 1969 г. вышло третье издание — ОКПЗ III. В 1982 г. в Москве, под редакцией П. Н. Холопова, вышел новый сводный каталог звезд, заподозренных в переменности (каталог NSV — New Suspected Variables), включавший 14 810 звезд, не получивших до 1980 г. окончательного обозначения. Вскоре появилось пятитомное 4-е издание ОКПЗ, вышедшее под руководством П. Н. Холопова (тома I–III) и Н. Н. Самуся (тома IV–V) и содержащее всего 28 450 переменных звезд в нашей Галактике и около 10 000 переменных звезд в других галактиках. В 1998 г. Е. В. Казаровец, Н. Н. Самусь и О. В. Дурлевич опубликовали дополнение к каталогу NSV (более 11 200 звезд). Новые обозначения переменных в принятой в ОКПЗ системе

регулярно публикуются в IBVS (Аннотированный перечень журналов.) в специальных Списках обозначений переменных звезд. К моменту опубликования 75-го Списка обозначений (2000 г.) общее число звезд с обозначениями в системе ОКПЗ достигло почти 36 000.

Основой современной *классификации переменных звезд* служит физическая сущность явления. Все *затменно-двойные* выделяются в особую группу затменных переменных; причиной изменений их блеска являются взаимные затмения двух звезд, обращающихся вокруг общего центра масс в плоскости, лежащей близко к лучу зрения наблюдателя. Таких звезд известно в настоящее время более 6000. Здесь и далее число известных переменных каждого класса в Галактике указано по ОКПЗ IV, 1985–1995, с учетом последующих Списков обозначений. Звезды с неуверенной классификацией не учитывались. Эти числа не характеризуют истинного количества звезд каждого типа, поскольку зависят от вероятности открытия, которая очень различна для переменных разных типов. Следует также иметь в виду, что некоторые звезды одновременно показывают переменность нескольких типов, тогда они учитываются несколько раз и в приводимой статистике. Не вполне удачное название «вращающиеся переменные» применяют к звездам, блеск которых меняется из-за орбитального движения и несферической формы компонентов двойной системы, не показывающей затмений (эллипсоидальные переменные, 132 звезды), или из-за осевого вращения и наличия пятен на поверхности (магнитные переменные — 475 звезд), и переменные типа BY Dra (BY в системе обозначения типов, принятой в ОКПЗ; к их числу принадлежит и Солнце, переменная звезда очень малой амплитуды; 368 звезд).

Остальные переменные звезды принято относить к группе физических переменных, у которых колебания блеска вызваны колебаниями радиуса, поверхностной температуры и изменениями других физических характеристик.

I. *Пульсирующие переменные.* Они подразделяются на следующие типы:

Пульсирующие сверхгиганты типа α Cyg (обозначение ACYG) — 123 звезды.
Переменные типа β Cep (BCEP) — 144.
Цефеиды типа δ Cep (DCEP) и типа W Vir (CW) — 870.
Переменные типа RR Lyr (RR) — 6717.
Звезды типа δ Sct (DSCT) и родственных типов — 458.
Долгопериодические переменные типа Cet (M); иначе — ми́ры (Ми́ра полатыни — «удивительная») или мири́ды — 6565.
Переменные типа RV Tau (RV) — 130.
Полуправильные переменные (SR) — 4326.
Неправильные пульсирующие переменные (L, от нем. langsam — «медленный») — 3651.
Пульсирующие белые карлики типа ZZ Cet (ZZ) — 60.
Пульсирующие звезды прочих типов — 296.

II. *Взрывные и новоподобные переменные* подразделяются на следующие типы:

Карликовые новые, или переменные типа U Gem (UG) — 390.
Новые звезды (N) — 275.
Новоподобные звезды (NL) — 89.
Симбиотические звезды типа Z And (ZAND) — 55.
Сверхновые звезды (SN) — 7. (Среди давно обозначенных в системе ОКПЗ сверхновых звезд случайно оказалось несколько звезд из других галактик. Всего в других галактиках открыто свыше тысячи новых и сверхновых звезд.)

III. *Эруптивные звезды* включают следующие типы:

Молодые переменные звезды типа T Tau и родственные типы: INT, IA, IB, IS и др.; символ I — от англ. irregular, т. е. «неправильный», хотя на неправильную переменность у этих звезд нередко наложены периодические колебания, связанные с пятнами (к этим типам сейчас причисляют многие звезды, которые ранее относили к типу RW Aur) — 1748.

Звезды типа FU Ori (FU) — 11.

Переменные типа UV Cet (UV), или вспыхивающие — 1614.

Переменные типа R CrB (RCB) — 40.

Эруптивные звезды прочих типов — 453.

IV. Переменные звезды, связанные с источниками мощного космического *рентгеновского излучения* (X) — 132. Этот пока немногочисленный класс переменных звезд уже содержит множество типов, почти каждая такая переменная звезда обладает ярко выраженными индивидуальными особенностями.

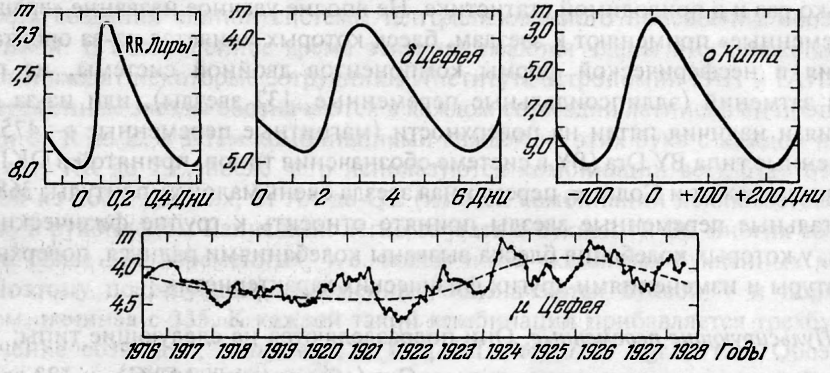


Рис. 101. Кривые блеска переменных звезд: RR Лиры, δ Цефея, o Кита и μ Цефея (полуправильная переменная)

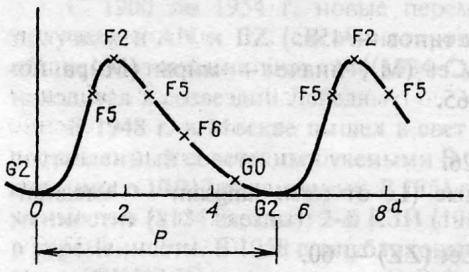


Рис. 102. Изменение спектрального класса цефеиды с изменением ее блеска

Изменение блеска цефеиды обычно характеризуется более быстрым увеличением и более медленным уменьшением блеска (рис. 101). Оно сопровождается изменением ее спектра (от F до G–K) (рис. 102), размера, поверхностной температуры, причем максимальному блеску переменной соответствуют сравнительно небольшие размеры и наибольшая температура поверхности. Диаметр цефеиды в течение периода изменения блеска меняется на 10–15 %, температура — более чем на 1000 K. Причина колебаний цефеид лежит в периодических пульсациях звезды, происходящих вследствие нарушения в ее поверхностных слоях равновесия сил тяготения и сил газового давления. Идею периодических пульсаций цефеид, среди первых, выдвинул русский физик Н. А. Умов в 1896 г. (на защите диссертации А. А. Белопольского). Основы современной теории пульсаций цефеид заложены в 1953–1957 гг. С. А. Жевакиным.

Периоды большинства цефеид нашей Галактики заключены в пределах от $\sim 1^d$ до $\sim 60^d$; в других галактиках известны цефеиды с более длительными периодами.

Амплитуды цефеид порядка одной звездной величины. В максимуме блеска спектр F, в минимуме — от G до K, причем чем длиннее период, тем краснее звезда. Цефеиды DCEP — сверхгиганты с абсолютной величиной от -2^m до -6^m, CW — от 0^m до -3^m; при этом чем больше период, тем больше светимость (рис. 103). Для звезд типа DCEP эту зависимость можно приближенно выразить следующей формулой: $M_V = -1{,}01 - 2{,}88 \lg P$ (Л. Н. Бердников и др.).

Эта фундаментальная зависимость «период—светимость» дает возможность определять M по периоду, а затем по формуле (7) находить расстояние. Это один из самых мощных методов определения расстояния до удаленных частей нашей звездной системы и до других галактик (определение так называемого *цефеидного параллакса*). По мере увеличения периода увеличиваются не только светимости, но и массы цефеид типа DCEP: от 3 до 16 масс Солнца. Средние радиусы цефеид заключены в пределах от 10 до 150 радиусов Солнца, причем большим периодам P соответствуют большие радиусы. Цефеиды типа CW на $1{,}5^m$—2^m слабее DCEP, относятся к сферической составляющей и также показывают зависимость период—светимость (рис. 103).

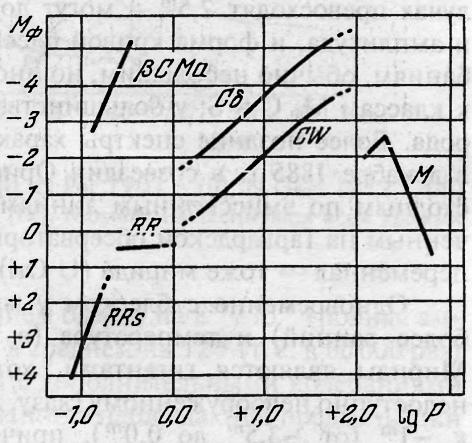


Рис. 103. Схематическое представление зависимости «период—светимость» у звезд типа β CMa, короткопериодических цефеид (RR), долгопериодических цефеид плоской Cδ и сферической CW составляющих нашей Галактики и долгопериодических переменных типа Миры Кита. Для последних принимается абсолютная фотографическая звездная величина в наибольшем максимуме блеска

Сходную природу имеют пульсации переменных типа δ Sct (DSCT) и похожих на них, но относящихся к сферической составляющей, звезд типа SX Phe (SXPHE). Периоды этих звезд не превосходят $0{,}2^d$. Большинство из них имеют весьма малые амплитуды изменения блеска (несколько сотых звездной величины). Также к сферической составляющей относится большинство *переменных типа* RR *Lyr* (раньше их иногда называли *анталголями*), их периоды заключены в пределах от $0{,}2^d$ до $\sim 1^d$.

Большой интерес представляют переменные типа RR Lyr, обнаруживающие двойную или тройную периодичность. Иногда отношение наблюдаемых двух периодов составляет около 0,75 (так, периоды AQ Leo равны $0{,}550^d$ и $0{,}410^d$). Больший из этих периодов теория связывает с колебаниями, амплитуда которых постепенно нарастает к поверхности звезды, а меньший — с колебаниями, происходящими как во внутренних, так и внешних слоях, но при которых внутри звезды имеется практически неподвижный слой. Объяснение сосуществования двух колебаний представляет, однако, проблему для современной теории. У AC And и V823 Cas найдено по три периода, самые короткие из которых связывают с колебаниями, соответствующими двум неподвижным слоям внутри звезды. Двойная периодичность наблюдается и у некоторых цефеид.

Другим видом множественной периодичности у звезд типа RR Lyr является *эффект Блажко*[32], когда на колебания с периодом, характерным для звезд типа RR Lyr, накладываются колебания в десятки раз более продолжительного периода. В итоге

[32] Сергей Николаевич Блажко (1870–1956) — член-корреспондент АН СССР, профессор МГУ и директор (с 1920 по 1931 г.) Обсерватории Московского университета, выдающийся российский и советский исследователь переменных звезд.

периодически меняется форма кривой блеска, параллельно с изменением блеска меняется и лучевая скорость, причем кривая лучевых скоростей также показывает наличие двух периодов. Таковы, например, RR Lyr ($0{,}5669^d$ и $40{,}8^d$), XZ Cyg ($0{,}4667^d$ и $56{,}3^d$) или XZ Dra ($0{,}4765^d$ и 78^d). Множественная периодичность весьма характерна и для переменных типа DSCT и SXPHE.

Большинство *переменных типа Миры Кита* (M) имеет периоды от 90^d до 700^d. Самый долгий период (1380^d) имеет переменная BX Mon, однако ее принадлежность к миридам сейчас оспаривается. Амплитуды мирид в визуальных и фотографических лучах превосходят $2{,}5^m$ и могут доходить у некоторых звезд до $8–10^m$. И период, и амплитуда, и форма кривой блеска каждой такой переменной подвержены колебаниям, обычно небольшим, но иногда значительным. Спектры мирид принадлежат к классам M, C и S; у большинства в спектре видны яркие линии излучения водорода. Более поздние спектры характерны для звезд с большими периодами. Когда в декабре 1885 г. в созвездии Ориона вспыхнула звезда, спектр которой оказался сходным по эмиссионным линиям со спектром *o* Cet, за два дня до этого полученным на Гарвардской обсерватории, Э. Пикеринг правильно заключил, что новая переменная — тоже мирида (U Ori).

Одновременно с блеском у мирид меняется спектр (в максимуме блеска он более ранний) и температура (в максимуме $\sim$2300 K, в минимуме $\sim$1800 K). Мириды являются гигантами, хотя большинство их даже в максимуме блеска недоступно невооруженному глазу. Абсолютные величины их, M_V, в среднем близки к -1^m (от $-3{,}5^m$ до $0{,}0^m$), причем большим периодам соответствуют меньшие светимости (в визуальных лучах), т. е. зависимость «период—светимость» имеет обратный смысл, чем у цефеид. Переменность мириды связана с пульсациями самой звезды — красного гиганта и изменениями прозрачности ее протяженной атмосферы, однако теория этих процессов пока несовершенна.

Полуправильные и неправильные переменные характеризуются амплитудой от $\leqslant 0{,}5^m$ до $2{,}5^m$, зачастую с большими неправильностями колебания блеска или множественной периодичностью, поздними спектральными классами и абсолютными величинами M_V от $+1^m$ до -4^m. Они являются гигантами или сверхгигантами. Колебания блеска также связаны с пульсациями.

Рис. 104. Кривая блеска SS Cyg (типа U Gem)

Переменные звезды типа U *Gem*, или *карликовые новые* (рис. 104), дают непродолжительные (до нескольких суток) вспышки, сменяющиеся интервалами почти постоянного минимального блеска. Амплитуда вспышек — несколько звездных величин, причем чем чаще у звезд вспышки, тем меньше их амплитуда. Подобно новым звездам (см. ниже), переменные типа U Gem представляют собой очень тесные двойные звездные системы, состоящие из белого карлика и обычной звезды. Вокруг белого карлика имеется аккреционный диск, из-за нестабильностей которого и происходят вспышки карликовых новых.

Новые звезды (N). Каждый год в Галактике вспыхивает 25–30 (по некоторым оценкам, даже более 200) новых звезд, однако наблюдается лишь несколько. Они

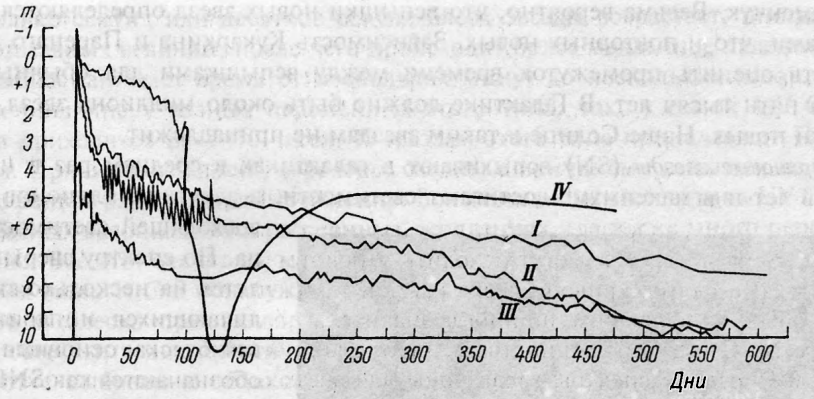


Рис. 105. Кривые блеска Новой Орла (N Aql) 1918 г. (I), N Per 1901 г. (II), N Gem 1912 г. (III) и медленной новой — Новой Геркулеса 1934 г. (N Her) (IV). Моменты максимумов всех кривых для удобства сравнения совмещены

характеризуются чрезвычайно быстрым возрастанием блеска на 8^m-15^m (полная амплитуда новой V1500 Cyg 1975 г. превысила 19^m), в среднем на 12^m (т. е. в 60 000 раз) в течение нескольких суток и медленным спадом с дополнительными колебаниями в течение нескольких месяцев или лет (рис. 105). Иногда наблюдаются предвспышки малой амплитуды Δa за время Δt до самой вспышки; между Δa и Δt подмечена обратная зависимость. В среднем абсолютная величина новой в максимуме блеска около -7^m. До максимума звезда имеет ранний спектр, в максимуме вспыхивают яркие линии, которые затем превращаются в полосы. Расширившаяся («раздувшаяся») в сотни тысяч раз звезда отделяет в момент максимума блеска газовую оболочку (равную по массе $10^{-4}-10^{-5}$ масс Солнца), которая, постепенно расширяясь, рассеивается в пространстве. Например, RR Pic (N Pic 1925 г.) в момент максимума достигла диаметра в 600 млн км, что превышает диаметр орбиты Марса. Скорость расширения оболочек новых около 1000 км/с. После вспышки звезда возвращается к начальному состоянию.

Новые, как и карликовые новые, являются тесными двойными звездами с очень короткими периодами обращения (например, N Her 1934 г. — DQ Her теперь затменная переменная с периодом $P = 4^h39^m$). В систему входит обычная звезда, с которой газовое вещество перетекает на белый карлик, предварительно затормозившись в аккреционном диске. Так на поверхности белого карлика появляется вещество, способное вступать в термоядерные реакции превращения водорода в гелий. Вспышка новой представляет собой бурное осуществление такого термоядерного процесса.

Помимо «классических» новых звезд, у которых до сих пор наблюдалось по одной вспышке, известно несколько *повторных новых* звезд (NR). Всего в ОКПЗ 8 звезд типа NR, вспыхнувших уже два или большее число раз. Б. В. Кукаркин и П. П. Паренаго показали, что, как и для карликовых новых, для повторных новых звезд существует зависимость между амплитудой и интервалом времени между вспышками: чем меньше амплитуда, тем чаще вспышки. В 1866 г. вспыхнула звезда, получившая обозначение T CrB. По своим характеристикам она должна была быть отнесена к повторным новым звездам, хотя предыдущие вспышки не наблюдались. По зависимости Кукаркина и Паренаго ее цикл должен составлять около 80 лет. В 1946 г. (в точности по зависимости) произошла новая вспышка T CrB, подтвердившая найденную зависимость. Первым обнаружил ее советский любитель астрономии

А. С. Каменчук. Весьма вероятно, что вспышки новых звезд определяются теми же причинами, что и повторных новых. Зависимость Кукаркина и Паренаго дает возможность оценить промежуток времени между вспышками для обычных новых порядка пяти тысяч лет. В Галактике должно быть около миллиона звезд, дающих вспышки новых. Наше Солнце к таким звездам не принадлежит.

Сверхновые звезды (SN) вспыхивают в галактиках в среднем раз в несколько десятков лет и в максимуме достигают светимости, в десятки миллионов раз превосходящей светимость Солнца. По спектру сверхновые делятся на несколько типов, отличающихся и по виду кривой блеска; основные два типа обозначаются как SNIa и SNII. В среднем абсолютная величина SNIa в максимуме блеска равна $-19{,}3^m \pm 0{,}2^m$, а SNII $-17{,}5^m \pm 0{,}4^m$. Таким образом, по своему блеску сверхновая в максимуме сравнима со всей галактикой, в которой она вспыхнула (рис. 106), т. е. дает столько же света, сколько его дают все звезды этой галактики, вместе взятые. Нижний предел энергии, излученной SN за все время вспышки, $10^{41}-10^{42}$ Дж.

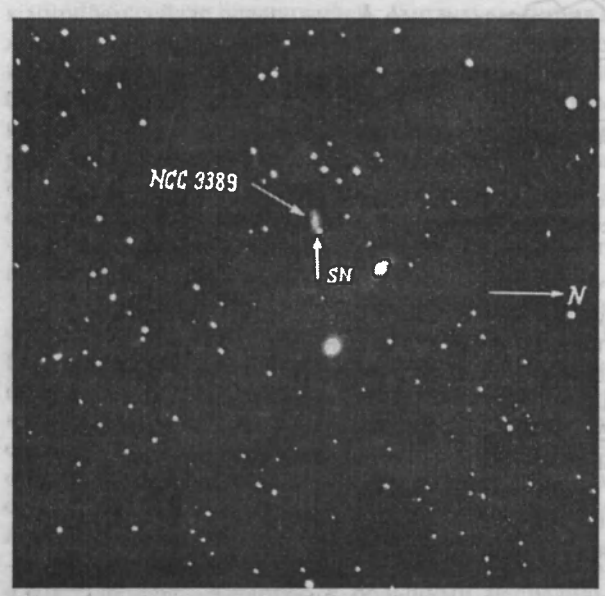


Рис. 106. Сверхновая в галактике NGC 3389, открытая А. Д. Чуадзе на Абастуманской АО в 1967 г.

Подобно новым звездам блеск сверхновых после максимума постепенно (но в несколько раз медленнее и более плавно) уменьшается. Спектр сверхновой свидетельствует о грандиозных скоростях расширения — несколько тысяч километров в секунду!

Вспышки сверхновых, вероятно, могут вызываться несколькими различными причинами, но в любом случае это явление знаменует самые поздние стадии эволюции звезды, когда она разрушается или превращается в компактный объект.

В нашей Галактике в 1572 и 1604 гг. вспыхнули сверхновые звезды. Первую из них наблюдал Тихо Браге, вторую Кеплер. От SN 1054 г. ныне осталась медленно расширяющаяся «Крабовидная туманность», совпадающая с мощным источником радиоизлучения (см. § 1.18). Установлено, что слабая кольцевая диффузная туманность, находящаяся в созвездии Кассиопеи ($\alpha = 23^h21^m12^s$, $\delta = +58°32'$; эпоха 1950,0) и совпадающая с самым мощным из известных источников радиоизлучения, также образовалась в результате вспышки сверхновой звезды. Несомненно, еще ряд галактических источников радиоизлучения является остатками вспышек сверхновых звезд. Например, SN 1181 г., наблюдавшаяся в Китае и Японии, идентифицирована с радиоисточником 3C 58 в Кассиопее.

Переменные типа UV *Cet* (UV). Открыто свыше полутора тысяч карликов спектральных классов G—M, показывающих внезапные кратковременные вспышки. Особенно сильные вспышки наблюдаются у слабых красных карликов класса dMe.

За несколько секунд или десятков секунд блеск звезды возрастает, иногда на несколько звездных величин, после чего происходит более медленное падение блеска. Вся вспышка занимает время от нескольких минут до нескольких часов. Частота вспышек различна у разных переменных этого типа; так, у самой UV Cet одна вспышка приходится на 5–10 часов. К звездам этого типа принадлежит Проксима Кентавра. Причины вспышки, вероятно, сходны с причинами вспышек на Солнце, большую роль играют магнитные явления. Вспыхивающие звезды типа UV Cet находят в звездных ассоциациях и рассеянных скоплениях, где также много переменных типа T Tau. Все это, очевидно, молодые звезды.

Звезды типа R *CrB* обнаруживают внезапные большие и весьма неправильные уменьшения блеска при одновременных спектральных изменениях. Их спектры очень необычны, в них практически отсутствуют линии водорода. Падения блеска связывают с выбросами облаков вещества, богатого сконденсированным углеродом (сажей), закрывающих звезду от наблюдателя. Вне глубоких ослаблений у этих переменных наблюдаются пульсации с периодами в десятки суток.

§ 1.11. Млечный Путь

Звездная система, в которую входит Солнечная система, называется *Галактикой*. Она состоит из звезд различных типов, из звездных облаков, скоплений, звездных ассоциаций, газовых и пылевых туманностей, облаков межзвездного газа, рассеянной космической пыли и отдельных атомов. Межзвездное пространство пронизывают движущиеся с огромными скоростями частицы космических лучей. Свое название Галактика получила от Млечного Пути (М. П.), который по-гречески называется «галаксиас» (γαλαξιας) — млечный.

В ясную безлунную ночь видно, как М. П. пересекает небо светлой полосой неодинаковой ширины, неодинаковой яркости и сложного строения. Птолемей первый дал его подробное описание, но лишь после изобретения телескопа Галилей открыл истинную природу М. П. В телескоп ясно видно, что сплошное сияние М. П. состоит из света громадного числа слабых звезд, не различимых в отдельности и сливающихся в один светящийся пояс. В телескоп, а в особенности на фотографиях, ясно видно звездное строение полосы М. П. (рис. 107).

Лучшее время для наблюдения М. П. в средних широтах северного полушария Земли — безлунные ночи июля — августа — сентября. В наших широтах мы видим не весь М. П. Дуга, которая поднимается над нашим горизонтом, смыкается под ним в полный круг, проходящий через созвездия: Единорог, Малый Пес, Орион, Близнецы, Телец, Возничий, Персей, Жираф, Кассиопея, Андромеда, Цефей, Ящерица, Лебедь, Лисичка, Лира, Стрела, Орел, Щит, Стрелец, Змееносец, Южная Корона, Скорпион, Наугольник, Волк, Южный Треугольник, Кентавр, Циркуль, Южный Крест, Муха, Киль, Паруса и Корма. Средняя линия М. П. близка (но не совпадает) к большому кругу, наклоненному к плоскости небесного экватора под углом 62° и пересекающемуся с ним в точках с $\alpha = 18^h40^m$ и 6^h40^m. Этот круг — *галактический экватор*. Точки пересечения галактического экватора с небесным экватором называются узлами по аналогии с точками пересечения планетных и лунной орбит с эклиптикой. Восходящий узел галактического экватора находится в созвездии Aql, нисходящий — в Mon. Северный полюс Галактики находится в созвездии Com ($\alpha = 12^h49^m$, $\delta = +27{,}4°$), а южный — в созвездии Scl ($\alpha = 0^h49^m$, $\delta = -27{,}4°$).

М. П. не имеет резких границ; в его состав входит большое число светлых звездных облаков, особенно многочисленных и ярких в его южной части — в созвездиях Стрельца, Скорпиона и Щита. Там находится центр нашей звездной

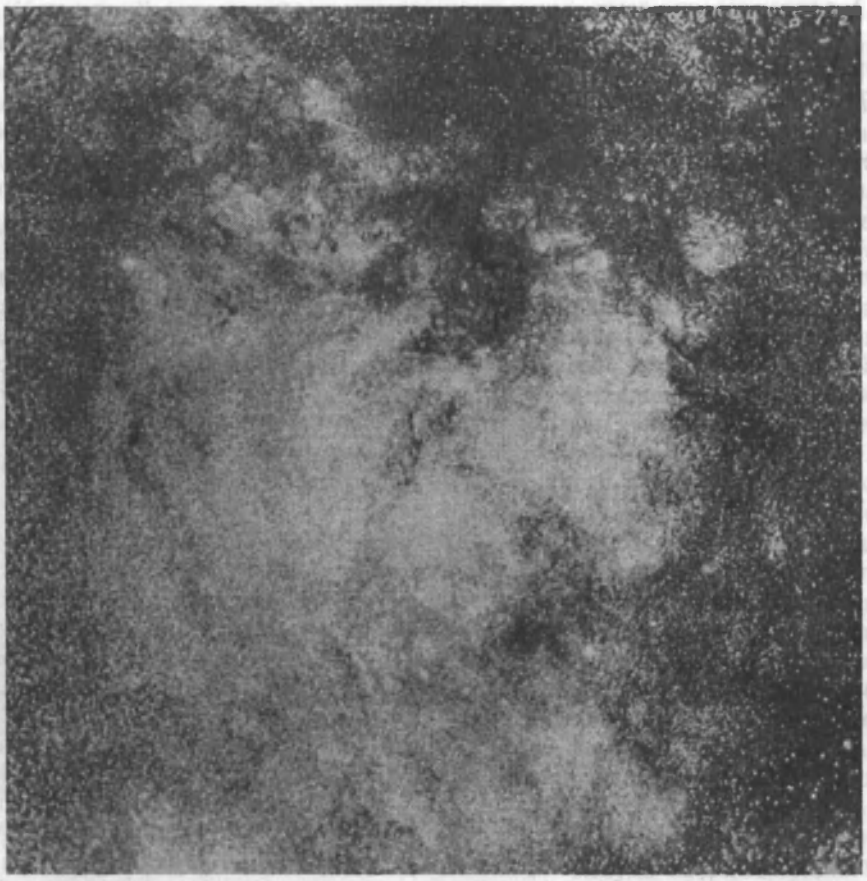


Рис. 107. Звездные облака в Sgr, расположенные в центральной области Галактики

системы (его координаты: $\alpha = 17^h28^m$, $\delta = -30°$). В этих же частях Млечного Пути особенно выделяются темные облака — темные туманности; одно из них носит весьма образное название «Угольный мешок». Центральные части Галактики скрыты от нас этими темными туманностями. Если бы их не было, то М. П. был бы в этом направлении в тысячу раз ярче.

В созвездии Cyg начинается темная полоса, которая на некотором участке делит М. П. на две части (рис. 108). Она проходит через созвездия Aql, Ser, Sgr и Sco.

Таким образом, причудливая и неправильная форма полосы М. П. является следствием ряда причин: 1) действительного облакообразного распределения звезд в нашей Галактике, 2) общей их тенденции к скучиванию в направлении к центру нашей системы и к ее средней плоскости (последнее называется *галактической концентрацией*) и 3) наличия в межзвездном пространстве большого числа газовых облаков с мельчайшими частицами космической пыли (размер частиц 0,1–1 мкм), образующих темные туманности различной формы, размеров и различной оптической толщи, т. е. различной поглощательной способности, либо светлые, отражающие свет соседних с ними звезд. Если с такой туманностью соседствует очень горячая звезда (спектральных классов O и B), она может ионизовать окружающее вещество,

Рис. 108. Млечный Путь в районе созвездий Cyg—Aql

вызывая появление в спектре эмиссионных линий туманности. Наличие облаков темного вещества и рассеянного диффузного вещества, состоящего из газа и космической пыли, вызывает *общее* и *избирательное* (*селективное*) *поглощение света*, которое проявляется в ослаблении видимого блеска звезд и в их покраснении. В результате первого в формулу (7) входит видимая звездная величина m, искаженная поглощением света, что приводит к преувеличению расстояния до звезды, определенного по этой формуле. В сущности, наблюдаемое межзвездное ослабление света является следствием двух причин: поглощения света межзвездным пылевым веществом и рассеяния света. Иногда это обозначается одним словом — *экстинкция*.

В 1940-х гг. П. П. Паренаго разработал теорию учета межзвездного поглощения света. В 1963 г. А. С. Шаров дал уточненную картину распределения по небу поглощающего вещества, необходимую для определения истинных звездных расстояний. Покраснение вызывает увеличение показателя цвета. Разность наблюдаемого показателя цвета и нормального, свойственного данному спектральному классу, называется *избытком цвета*. Избыток цвета звезды характеризует поглощение света

на пути от звезды до наблюдателя. Для фотометрической системы *UBV* полное поглощение в лучах V равно

$$A_V = R \cdot E_{B-V},$$

где множитель R почти везде равен $3{,}0 \pm 0{,}2$ и лишь в некоторых направлениях больше, доходя в иных случаях до 7, избыток цвета $E_{B-V} = (B-V) - (B-V)_0$; нормальные цвета $(B-V)_0$ для различных спектральных классов см. в табл. 78.

Помимо относительно крупных пылинок в межзвездном пространстве и особенно в плотных облаках межзвездного газа присутствуют атомарные кластеры (например, фуллерены типа C_{60}) и «нормальные» молекулы, как органические, так и неорганические, вплоть до 13-атомных. Отдельные газовые облака вызывают появление в спектрах звезд межзвездных линий поглощения (или, иначе, *стационарных линий*), которые обнаруживают свое доплеровское смещение, характеризующее скорость по лучу зрения облака относительно нас. По интенсивности этих линий можно оценить расстояние до звезды. Иногда наблюдаются два или несколько компонентов стационарных линий. Доплеровское смещение каждого компонента зависит от лучевой скорости отдельного облака, соответствующего этому компоненту. Известны межзвездные облака ионизованного кальция (линии H и K фраунгоферова спектра), нейтральных натрия, кальция, железа, ионизованных и нейтральных CH и CN, ионизованного титана. Средняя плотность газа в Галактике ничтожна и равна $\sim 3 \cdot 10^{-24}$ г/см^3 (несколько атомов на 1 см^3 пространства). Отношение средних плотностей газа и пыли в межзвездном пространстве составляет около 50 : 1 (по массе). Общая масса газа и пыли достигает нескольких процентов от массы Галактики. Надо упомянуть, что каждая точка межзвездного пространства пронизывается излучением всех объектов, наполняющих Вселенную. Кубический сантиметр межзвездного космического пространства заключает в себе количество энергии излучения, выражаемое числом 10^{-12} эрг (сравните с плотностью солнечного излучения вблизи Земли: $5 \cdot 10^{-8}$ эрг/см^2). Температура мирового пространства приблизительно 3 K (всего на 3 градуса выше абсолютного нуля).

§ 1.12. Звездные скопления

Рис. 109. Рассеянное двойное звездное скопление h и χ Per

На небе даже невооруженным глазом можно заметить несколько участков, где звезды сгущаются и образуют как бы звездную кучу, или *скопление* (рис. 109). Исследование показало, что звезды в таких сгущениях физически связаны друг с другом, движутся в пространстве параллельными путями и показывают видимое схождение (или расхождение) путей их членов (рис. 110). Как и в случае метеорных потоков, сходящиеся в некоторой точке неба направления собственных движений звезд говорят о параллельном движении звезд в пространстве (ср. рис. 77). Эти сгущения звезд называются *рассеянными звездными скоплениями* (по-английски: open clusters, отчего их иногда по-русски называют *открытыми*). Некоторые из них расположены недалеко от нас. Такие скопления называют *движущимися*.

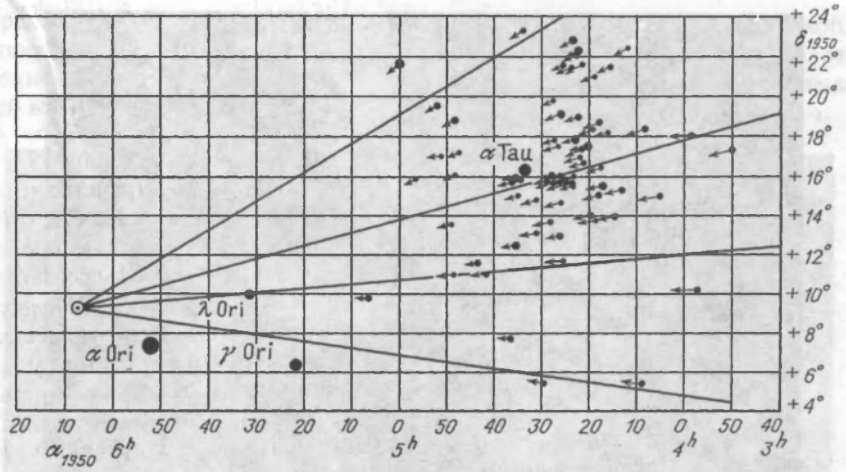


Рис. 110. Гиады — движущееся звездное скопление в Тельце. Известно более 100 членов этого скопления. Стрелками показано движение звезд скопления за 50 000 лет, линии определяют направление на точку видимого схождения — радиант движущегося скопления. 750 000 лет назад Гиады были ближе всего к Солнцу и занимали вчетверо большую площадь на небе; Альдебаран (α Tau) в скопление не входит. Модуль расстояния $m - M = +3{,}27 \pm 0{,}05^m$, параллакс 0,022″, расстояние 45 пк

Можно определить расстояние до звезд, входящих в *движущееся скопление*, если знать их угловые расстояния θ от точки схождения (*радианта*) скопления и лучевую скорость V_r хотя бы одной из звезд скопления (рис. 111):

$$V_t = V_r \operatorname{tg}\theta = V \sin\theta; \tag{20}$$

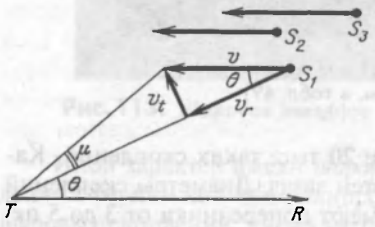


Рис. 111. К определению расстояния до звезд движущегося скопления

с другой стороны (см. формулу (12)),

$$V_t = 4{,}74\frac{\mu}{p}, \tag{21}$$

откуда

$$p = \frac{4{,}74\mu}{V_r \operatorname{tg}\theta}. \tag{22}$$

Тогда для любой звезды, принадлежащей этому скоплению, будем иметь

$$p = \frac{4{,}74\mu}{V \sin\theta}, \tag{23}$$

где $V = V_r \sec\theta$ легко получить из (20). Наиболее заметны из рассеянных скоплений Плеяды (рис. 112) и Гиады в Тельце, Ясли в созвездии Рака, двойное скопление χ и h Персея (см. рис. 109), скопление в Волосах Вероники. Яркие звездные скопления, галактические туманности и галактики обозначают номерами одного из следующих каталогов: каталога Мессье (1784 г.) (например, M 101), Нового Общего Каталога (New General Catalogue) Дрейера (например, NGC 224) и двух дополнительных к нему томов Index Catalogue (например, IC 1214). Сейчас известно около 1000 рассеянных скоплений, подавляющее большинство которых видно только в телескоп (см. табл. 56). Их угловые размеры от 2′ в до 60′, если не говорить о самых близких — таких, как, например, Плеяды ($\sim 2°$), χ и h Персея ($\sim 4°$) или

Рис. 112. Плеяды (NGC 2866) и диффузные туманности вокруг главных звезд скопления (карту см. в табл. 49)

Гиады (~6,7°). Всего в Галактике, вероятно, больше 20 тыс. таких скоплений. Каждое скопление состоит из десятков, а иногда из сотен звезд. Диаметры скоплений в среднем от 2 до 20 пк. Большинство скоплений имеют поперечники от 3 до 5 пк. Плотность — от 0,25 (для Гиад) до 80 звезд на 1 пк^3 (в центре NGC 6705). Пространственная плотность звезд вблизи центра скопления такова, что для наблюдателя там сверкало бы на небе около 40 звезд, в десятки раз более ярких, чем Сириус на нашем небе. Большая часть скоплений имеет массы от 50 до 2000 $\mathfrak{M}_\odot$.

Рассеянные скопления характеризуются большой галактической концентрацией, т. е. располагаются в основном вблизи средней плоскости Галактики. Изучение пространственного расположения рассеянных скоплений показало, что они находятся в спиральных ветвях Галактики. В некоторые скопления входят звезды главной последовательности и желтые и красные гиганты, в другие — звезды главной последовательности, начиная с класса B, в иные только звезды главной последовательности без B-звезд и т. д.

Влияние притяжения ядра Галактики и соседних звездных облаков, взаимное притяжение звезд скопления приводят к тому, что постепенно звездное скопление рассеивается. При этом первыми покидают скопление звезды, которые по указанным выше причинам приобретают большую скорость. Эта скорость оказывается больше

той предельной, при которой действие силы притяжения всех звезд скопления еще способно удержать звезду в числе членов скопления. При средней плотности скопления $\rho < 0{,}1\ \mathfrak{M}_\odot/\text{пк}^3$ оно может оказаться неустойчивым и будет распадаться. Оценки возраста рассеянных скоплений см. рис. 141.

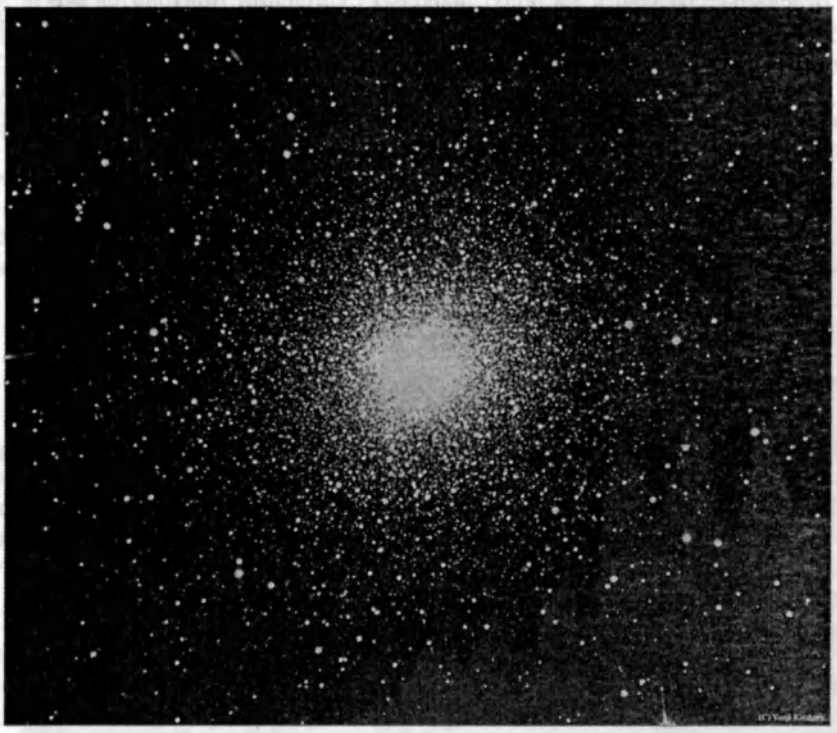


Рис. 113. Шаровое звездное скопление M 13 = NGC 6205 в созвездии Геркулеса

Иной характер имеют *шаровые звездные скопления* (табл. 58, рис. 113). Это скопления сферической или эллипсоидальной формы. Известно уже 150 галактических шаровых скоплений, число звезд в каждом из них от $3 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^6$; в большей или меньшей степени они скучены к центру скопления. Большинство шаровых скоплений богато звездами-гигантами и сверхгигантами (кроме голубых). Расстояния до многих шаровых скоплений определяются по открытым в них короткопериодическим звездам типа RR Lyr либо по положению *горизонтальной ветви* диаграммы «цвет—видимая звездная величина», являющейся аналогом диаграммы Г—Р. Самые близкие из них M4, NGC 6397 и NGC 6544 удалены от нас на 2,0÷2,5 кпк. Диаметры шаровых скоплений заключены в пределах от 11 (Terzan 9) до 590 парсеков (NGC 2419), среднее значение ~30–50 пк. Интегральные светимости (абсолютные звездные величины) — от -5^m до -8^m. Интегральные спектры от A5 до G6, но для большинства скоплений — от F5 до G4. Пространственная плотность звезд в шаровом скоплении в тысячи раз больше, чем в окрестностях Солнца, т. е. $\sim 10^2$ звезд/пк^3. Она уменьшается пропорционально кубу расстояния от центра, где она в 100 раз больше средней плотности. В центре скопления наиболее яркие звезды давали бы освещение, какое дает у нас полная Луна. Шаровые скопления обнаруживают заметную концентрацию к области галактического центра, хотя отдельные

скопления встречаются далеко от средней плоскости Галактики; в самой плоскости Галактики шаровых скоплений открыто мало из-за межзвездного поглощения света. Все вместе они образуют систему сферической формы — *гало*, центр которой совпадает с центром Галактики. Надо, однако, отметить, что 99% массы гало составляют отдельные звезды, а на долю шаровых скоплений приходится $\sim 1\%$ массы, т. е. $\sim 10^8\ \mathfrak{M}_\odot$. Всего в Галактике, вероятно, около 200 шаровых скоплений. Они обнаружены также в некоторых других гигантских звездных системах. Например, в М 31 их открыто более 300, в М 87 около 2000 шаровых скоплений. В 1974 г. издана монография Б. В. Кукаркина «Шаровые звездные скопления», а в 1981 г. монография П. Н. Холопова «Звездные скопления».

Наблюдения звездных скоплений существенны как для изучения эволюции самих скоплений, так и эволюции звезд. Звезды одного скопления имеют примерно один возраст, а темп их эволюции зависит от первоначальной массы звезды. Самые молодые рассеянные скопления имеют возрасты порядка 10^6–10^7 лет, шаровые скопления $\sim 10^{10}$ лет.

§ 1.13. Звездные ассоциации

В 1947 г. В. А. Амбарцумян и Б. Е. Маркарян обратили внимание на группировки, состоящие из расположенных на сравнительно небольших расстояниях друг от друга О- и В-звезд. Этим группам было дано название ОВ-*ассоциаций*. Их размеры от 30 до 200 пк. Число звезд в них порядка нескольких сотен. Аналогичные группировки неправильных переменных типа T Tau были названы Т-*ассоциациями*. Их диаметры — от нескольких парсеков до десятков парсеков (см. табл. 57).

Наличие горячих О-звезд, излучающих огромное количество энергии, — «молодых звезд» — говорит о молодости ОВ-ассоциаций. Их возраст оценивается в несколько миллионов лет — срок весьма малый по сравнению с «возрастом» всей нашей звездной системы (10–20 миллиардов лет). Считалось, что ассоциации должны быть неустойчивыми группами, поскольку взаимное притяжение между известными членами этих ассоциаций незначительно по сравнению с притяжением окружающих звезд Галактики. Эта неустойчивость выдвигалась в качестве дополнительного свидетельства молодости ассоциаций. Ассоциации часто связаны с облаками межзвездной пыли и яркими галактическими туманностями. В центре ассоциации часто находят двойные и кратные звезды и звездные скопления. Среди кратных выделяются *кратные звезды типа Трапеции Ориона* (θ Ori). Все расстояния между компонентами такой кратной звезды — одного порядка. Такая система представляется неустойчивой. Однако если учесть влияние других, более слабых звезд, находящихся в том же объеме пространства, то сама трапеция Ориона оказывается устойчивой системой.

Небольшой возраст ассоциаций свидетельствует о том, что процесс звездообразования происходит и в наши дни. Помимо О- и В-звезд ассоциации содержат также много более слабых звезд, и массы ассоциации и их динамическая устойчивость оказываются много больше, чем это предполагалось в первый период их изучения.

Переменные типа T Tau в большом числе встречаются и в ОВ-ассоциациях. Можно полагать, что «чистые» ОВ-ассоциации — это те, в которых переменные типа T Tau (орионовы переменные) еще не открыты (так как они гораздо слабее чем О- и В-звезды), а «чистые» Т-ассоциации — это те, в которых ОВ-звезды уже успели превратиться в звезды более поздних классов (имеются, например, ассоциации, в которых наряду с орионовыми переменными находятся и В-звезды).

Таким образом, можно полагать, что некоторые звездные ассоциации представляют собой звездные скопления (или группы скоплений), вероятно находящиеся еще в процессе формирования из газопылевого вещества.

Ассоциации горячих звезд уверенно отождествляются в спиральных ветвях некоторых близких галактик. В некоторых галактиках группы горячих звезд, занимающие объемы пространства диаметром до 600 пк, названы *сверхассоциациями*.

Известно около 100 OB-ассоциаций на расстояниях до 3,5 кпк от Солнца (половина их расположена ближе 1,5 кпк). Возможное полное их число в Галактике — около 4000. T-ассоциаций известно 40 до расстояния 0,5 кпк. Таким образом, общее их число может оказаться гораздо больше чем число OB-ассоциаций.

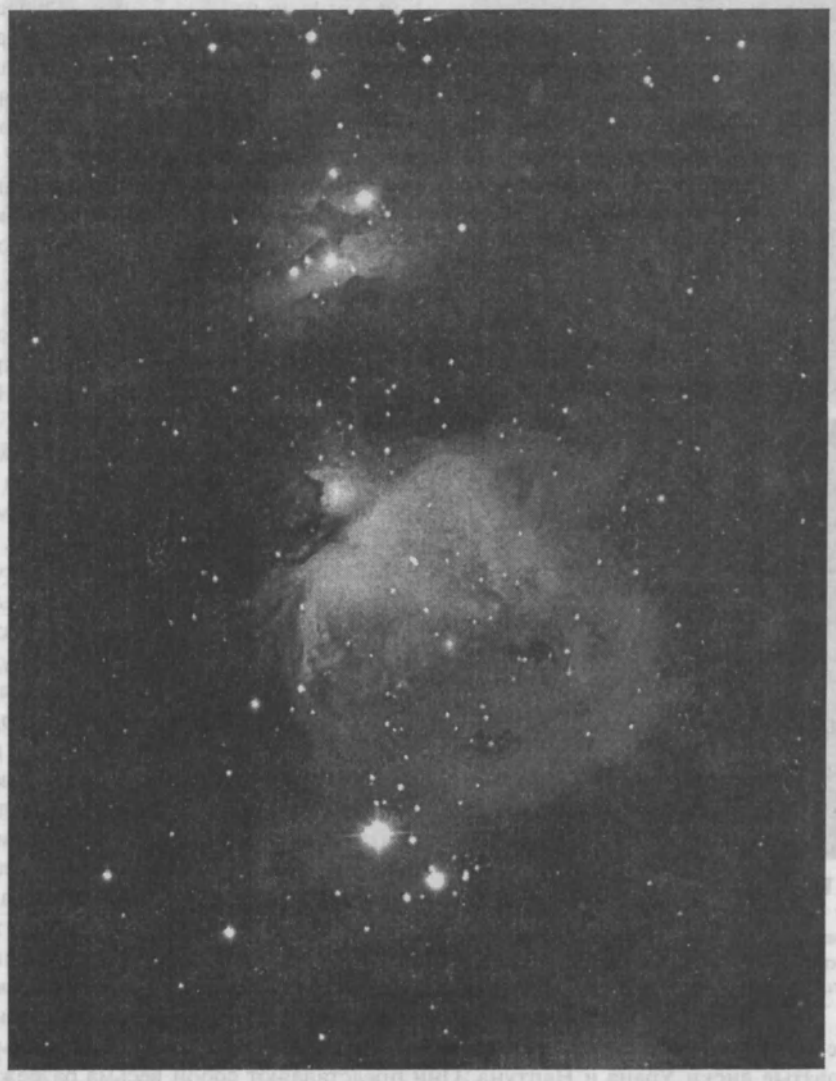


Рис. 114. Диффузные туманности в созвездии Ориона: NGC 1977 = M 43 вверху, NGC 1976 = M 42 внизу. Север вверху (менисковый телескоп, Алма-Ата)

§ 1.14. Галактические туманности

Видимые даже простым глазом туманности в созвездиях Андромеды и Ориона принадлежат к двум совершенно различным классам. *Газовые*, или *диффузные* туманности, подобные туманности Ориона (рис. 114), имеют неправильную форму. Они называются также галактическими туманностями и представляют собой облака межзвездной пыли и газов, освещенные яркими, наиболее горячими и массивными звездами, которые расположены поблизости или даже внутри самих облаков. Бывают туманности со спектром поглощения, другие обнаруживают спектр излучения (эмиссионный). В этом случае имеет место не только отражение света звезды туманностью, но и свечение вещества туманности, «возбужденного» излучением звезды. Имеются также светящиеся облака, лишенные освещающих их звезд. Их свечение может явиться следствием столкновения молекул и мелких частиц при встрече и взаимопроникновении двух облаков темного пылевого вещества.

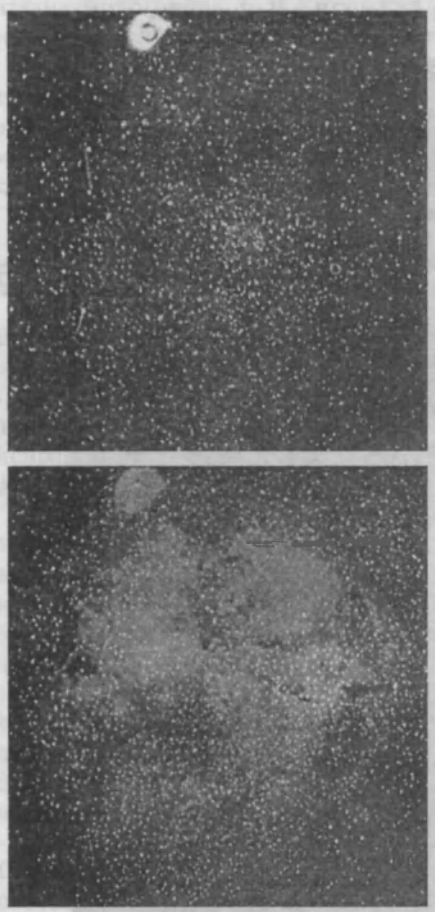


Рис. 115. Водородная туманность IC 1396: вверху — снимок в фотографических лучах, внизу — в лучах линии H_α (получены Г. А. Шайном и В. Ф. Газе на КрАО). Сторона каждого снимка 175′

В 1945–1955 гг. академик Г. А. Шайн с помощью светосильных камер и особых светофильтров с узкой полосой пропускания возле водородной линии H_α открыл существование многих новых, до тех пор не известных водородных туманностей. Они совершенно не видны на обычных фотографиях (рис. 115). Кроме чисто водородных туманностей Г. А. Шайн и В. Ф. Газе на Крымской астрофизической обсерватории открыли новые газопылевые туманности. В сущности говоря, название «галактические туманности» малоудачно, так как газовые туманности имеются также в других галактиках. Так, например, в состав Большого Магелланова Облака входит гигантская газовая туманность, известная под названием 30 Золотой Рыбы, или «Тарантул». На расстоянии туманности Ориона она занимала бы видимую площадь всего этого созвездия; от ее блеска предметы на Земле давали бы заметные тени.

Разновидностью газовых туманностей являются так называемые *планетарные* туманности (рис. 116). Это малоудачное название было дано потому, что некоторые из этих туманностей в телескоп напоминали зеленоватые диски Урана и Нептуна. Они представляют собой весьма разреженную газовую оболочку, светящуюся под действием излучения слабой, но очень горячей (50 000–100 000 K) звезды, находящейся в ее центре.

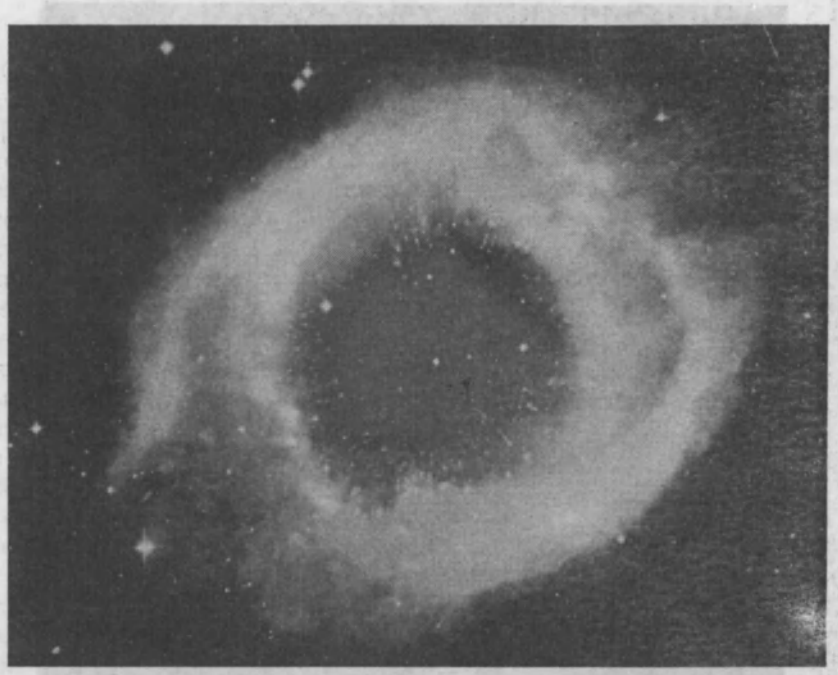


Рис. 116. Планетарная туманность NGC 7293 («Улитка») в созвездии Aqr. Расстояние до нее около 70 пк. Видимый диаметр 15′, линейный диаметр около 0,2 пк. Слабая звездочка в центре — ядро туманности

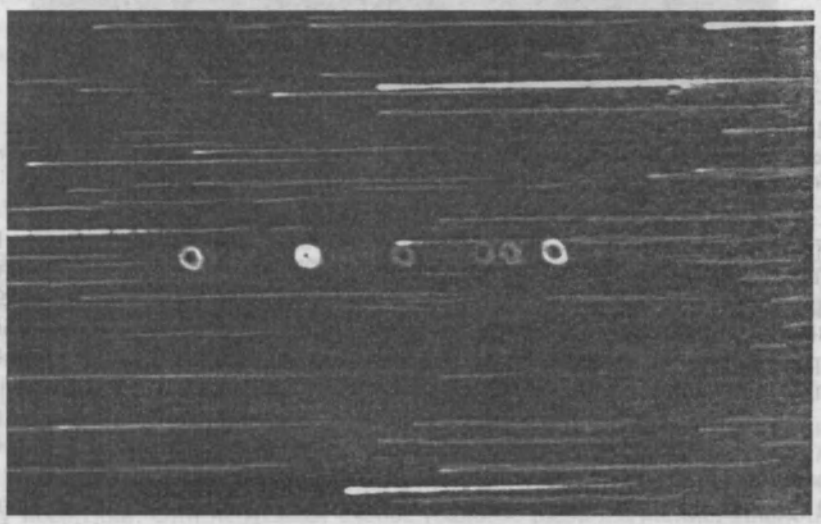


Рис. 117. Снимок спектра кольцевой планетарной туманности M 57 = NGC 6720 в Lyr, полученный с объективной призмой. Слева направо: H_α, N_1, N_2 (последние две — от запрещенных линий [O III]) и H_β, далеко направо (в УФ конце) — λ 3869 [Ne III] + H_ζ (λ 3889)

Рис. 118. Газопылевая туманность NGC 7000 «Америка» (слева) и газовая туманность IC 5067 «Пеликан». Между ними — темная туманность. Размер по горизонтали 3° (снимок получен на менисковом телескопе D = 500 мм в Алма-Ате)

Эти туманные оболочки похожи на те, которые с большими скоростями сбрасываются новыми звездами во время вспышек. Оболочки планетарных туманностей расширяются во все стороны со скоростями порядка 15–30 км/с. Грубая модель планетарных туманностей — это сферически-симметричная оболочка. Однако большое число разнообразных форм этих туманностей не укладывается в рамки этой модели. Если плотность такой сферической оболочки невелика, то она представляется нам в виде кольца, так как в этом случае луч зрения, касательный к оболочке шаровой формы, пронизывает большую толщу светящегося вещества. На снимке, полученном с объективной призмой, видны отдельные монохроматические изображения планетарной туманности в различных лучах (рис. 117). Диаметры планетарных туманностей составляют от 3000 а. е. до нескольких световых лет. Массы их от 0,01 до 0,1 $\mathfrak{M}_\odot$. За время порядка 10^5 лет планетарная туманность успеет рассеяться в пространстве. Известно более 1200 планетарных туманностей и каждый год открывают все новые. Удаленные объекты имеют звездоподобный вид и обнаруживаются по спектру,

Рис. 119. Яркая диффузная туманность NGC 2024. В центре темная туманность «Конская голова» близ ζ Ori. Север вверху. Горизонтальная сторона снимка 74′. Вверху слева — темная туманность «Италия». (Фотография получена с красным фильтром на менисковом телескопе Горной обсерватории АН Казахстана в Алма-Ате)

состоящему из отдельных ярких точек (линий) на слабом фоне непрерывного спектра. Такие спектры хорошо заметны на снимках, снятых с объективной призмой. Всего в Галактике, вероятно, несколько десятков тысяч планетарных туманностей. Совокупность планетарных туманностей характеризуется большой концентрацией к центру Галактики. Они испускают слабое тепловое радиоизлучение. Планетарные туманности обнаружены и в ближайших галактиках.

Особый класс галактических туманностей представляют собой упомянутые выше *темные* туманности. Они имеют большую галактическую концентрацию — их особенно много в полосе М. П., где они ясно выделяются на ярком фоне звездных

облаков в виде темных пятен и волокон (рис. 118 и 119). Темные туманности — это облака космического газа и пыли, которая поглощает свет звезд, лежащих за нею. Средняя плотность газо-пылевого облака составляет $\sim 10^{-22}$ г/см^3.

В разных местах М. П., в частности около туманности М 8, в яркой диффузной туманности, окружающей рассеянное скопление NGC 2244, и в туманности NGC 281 обнаружено несколько десятков крошечных темных объектов шаровой формы, названных *глобулами*. Они имеют диаметры от 10 000 до 35 000 а. е., а в NGC 2244 — даже меньше 4000 а. е. Некоторые исследователи полагают, что глобулы являются одной из форм образования звезд, возможно, что в настоящее время из них конденсируются звезды (о происхождении звезд см. § 1.19).

В табл. 59 и 60 дан список некоторых галактических туманностей различного типа.

§ 1.15. Подсистемы и составляющие Галактики

Звезды и другие объекты, составляющие нашу Галактику (а также и другие звездные системы), могут быть разделены по их физическим особенностям на ряд взаимопроникающих *подсистем*, имеющих общий центр, но различные законы распределения в пространстве по отношению к этому центру и по отношению к средней плоскости Галактики, а также различную кинематику. Подсистемы, как сказано, выделяются по какому-либо физическому признаку; например, можно говорить о подсистеме переменных звезд типа δ Цефея, подсистеме звезд спектрального класса О, подсистеме темных туманностей и т. д.

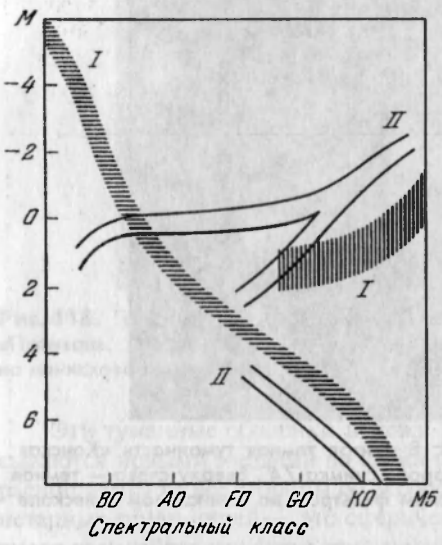


Рис. 120. Схема расположения на диаграмме Герцшпрунга—Рассела звезд населений I и II

По характеру своего распределения в пространстве и по средним пространственным скоростям входящих в нее объектов подсистема может принадлежать к одной из трех *составляющих* Галактики: *плоской*, *промежуточной* и *сферической*. В литературе можно встретить также термины: население I типа (соответствует плоской составляющей Галактики) и население II типа (сферическая составляющая) (рис. 120). Так как у сферической составляющей преобладает концентрация к центру, а у плоской — к плоскости Галактики, то население II типа преобладает в ядре Галактики (и других галактик), а I типа — в ветвях спиральных галактик (о более подробной классификации — делении на пять типов населения см. в книгах по звездной астрономии).

Эти концентрации количественно характеризуются величинами G_R и G_z — *градиентами плотности* D вдоль радиуса Галактики R и перпендикулярно к ее

плоскости (вдоль координаты z):

$$\begin{cases} G_R = -\dfrac{\partial \lg D}{\partial R}, \\ G_z = -\dfrac{\partial \lg D}{\partial z}. \end{cases} \tag{24}$$

Эти градиенты рассчитываются на один килопарсек в окрестностях Солнца. Наглядной характеристикой концентрации к галактической плоскости объектов той или иной подсистемы является также величина $\beta = 0{,}4343/G_z$, выражаемая в парсеках и сходная с геофизическим понятием «высоты однородной атмосферы». Если бы температура и плотность воздуха не менялись с высотой, то при давлении 760 мм и температуре 0 °С вся земная атмосфера имела бы высоту всего 8 км. Это и есть «высота однородной атмосферы».

Таблица XVIII

Составляющие и подсистемы нашей Галактики

Составляющие подсистемы	G_R	G_z	β	n	N
Плоская составляющая					
Цефеиды типа δ Сер	0,11	9,86	44	500	30 000
Звезды класса B	?	9,5	46	10 000	150 000
Рассеянные звездные скопления	0,11	8,2	53	500	33 000
Звезды класса O	0,10	7,5	58	200	6500
Темные (пылевые) туманности	(0,16)	4,34	100	10 000	10^8
Промежуточная составляющая					
Новые звезды	0,22	2,39	182	100	10^6
Переменные типа RV Tau	0,23	2,2	200	80	10^4–10^5
Звезды классов					
R, N, неправ. перемен.	(0)	4,3	100	130	13 000
R, N, полупр. перем.	(0)	2,5	175	45	4500
R, N, постоянные	(0)	1,3	335	260	16 000
Планетарные туманности	0,4	2,00	217	1200	400 000
Звезды класса S	0,14	1,20	360	90	5000
Белые карлики	0,36	(1,08)	(400)	250	$5 \cdot 10^9$
Миры с периодом больше 200^d	0,26	0,86	500	3000	$1{,}3 \cdot 10^6$
Сферическая составляющая					
Миры с периодом 150–200^d	(0,26)	0,22,	2000	300	10^5
Переменные типа RR Lyr	0,27	0,22	2000	3000	170 000
Цефеиды типа W Vir	0,25	0,2	2000	50	20 000
Субкарлики	0,27	(0,17)	(2600)	300	10^{11}
Шаровые скопления	0,26	0,15	3000	100	250

В табл. XVIII приведен перечень подсистем, относящихся к различным составляющим Галактики, величины G_R, G_z, β, наблюденное число n объектов каждой подсистемы и предполагаемое полное число N этих объектов (по П. П. Паренаго). Скобки отмечают неуверенные определения. Полное число звезд в Галактике П. П. Паренаго предварительно оценил как $N_G \approx 1{,}2 \cdot 10^{11}$.

§ 1.16. Галактика. Ее форма, вращение

Исследование строения Млечного Пути и распределения в нем звезд, звездных скоплений и туманностей привело к выяснению формы Галактики. Наиболее плотная ее часть напоминает по форме двояковыпуклую линзу или карманные часы (рис. 121) с некоторым утолщением в центральной части (объекты плоской составляющей); она окружена облаком сферической формы или гало (объекты сферической составляющей). Наше Солнце находится почти точно в средней плоскости Галактики на расстоянии около 8 кпк, или 26 000 световых лет от центра системы, имеющей диаметр около 30 кпк $= 10^{18}$ км $\approx$ 100 000 световых лет.

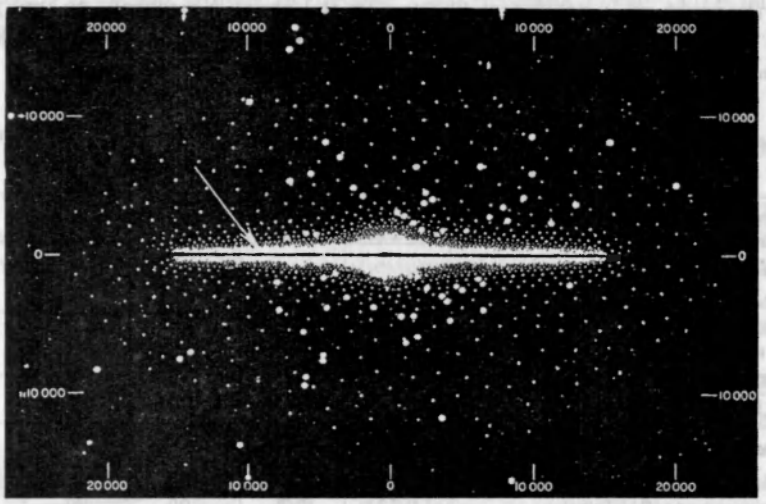


Рис. 121. Схема строения Галактики, рассматриваемой «с ребра». Стрелка отмечает положение Солнца. Большие белые кружки — шаровые скопления. Темная полоса — тонкий слой поглощающей свет пылевой материи. Шкалы — в парсеках

Строение нашей системы показывает ее сходство с внегалактическими спиральными туманностями (галактиками) типа Sb или Sc (см. рис. 123–126).

В спиралях располагаются наиболее молодые объекты: ОВ-звезды, диффузное вещество, пыль, молодые скопления, звездные ассоциации и т. д.

На Крымской астрофизической обсерватории в 1949 г. В. Б. Никонов, А. А. Калиняк и В. И. Красовский с помощью электронно-оптического преобразователя (ЭОП) впервые получили фотографию центральной области нашей Галактики. Фотографирование проведено в инфракрасных лучах (с длиной волны 9700 Å) с выдержкой около получаса. На снимках отчетливо видно тело эллипсоидальной формы. Половина его совпадает с известным ярким облаком в созвездии Стрельца, а другая половина на обычных снимках не выходила, так как она загорожена облаками темного вещества. Область ядра Галактики — очень плотное (в миллионы раз плотнее, чем окрестности Солнца) скопление очень старых звезд с примесью молодых звезд. В самом центре Галактики открыт интенсивный источник радиоизлучения (Sgr A). Обнаружено мощное истечение газа из центральной области Галактики, которое на расстоянии 3–4 кпк от центра проявляет себя как ветвь, имеющая в настоящее время скорость $\sim$50 км/с в радиальном направлении.

Слой водорода, концентрирующийся вблизи галактической плоскости, увеличивает свою толщу к периферии Галактики и отклоняется от этой плоскости, подобно загнутым полям шляпы. Может быть, это результат взаимодействия газовой составляющей Галактики с межгалактическим магнитным полем, а может быть, это возмущающее влияние на Галактику Магеллановых Облаков. Рассматривая Галактику извне, мы увидели бы, что поверхностная яркость вблизи Солнца $23{,}4^m$ с квадратной секунды дуги (для М 31 это соответствует расстоянию от центра этой галактики 12 кпк, для М 33 — 4 кпк).

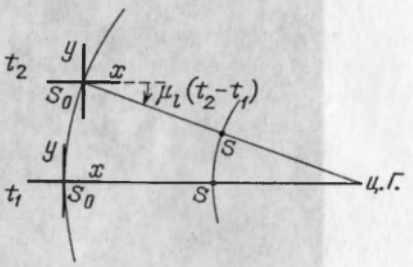


Рис. 122. Схема влияния вращения Галактики на μ_l. S_0 — Солнце, S — звезда; угол $\mu_l(t_2-t_1)$ связан с обращением Солнца вокруг центра Галактики

Изучение звездных движений указывает на то, что вся наша звездная система вращается вокруг оси, перпендикулярной к средней плоскости Галактики. Однако Галактика вращается не как твердое тело; движения звезд в Галактике напоминают движения планет вокруг Солнца — чем дальше от центра вращения, тем медленнее движение (рис. 122). Солнце движется по своей орбите вокруг центра Галактики со скоростью 220 км/с и совершает полный оборот примерно в 220 млн лет. Участвуя в галактическом вращении, Солнце движется в направлении созвездия Лебедя, а по отношению к окружающим его звездам — к апексу, находящемуся в созвездии Геркулеса. Общая масса Галактики $2{,}8\cdot10^{44}$ г $\simeq 2\cdot10^{11}$ масс Солнца, общее число звезд $\sim2\cdot10^{11}$. Средняя плотность вещества в окрестностях Солнца $1{,}06\cdot10^{-23}$ г/см^3, или $\sim0{,}15\ \mathfrak{M}_\odot$/пк^3. Вся Галактика как целое движется в пространстве со скоростью $\sim$580 км/с, определенной по отношению к реликтовому излучению.

§ 1.17. Галактики

Галактики, раньше называвшиеся *внегалактическими туманностями*, представляют собой такие же звездные системы, как наша Галактика; некоторые из них имеют большое сходство с Галактикой. Примером может служить туманность Андромеды (рис. 123) — единственная галактика, видимая в наших широтах невооруженным глазом в безлунную ночь. По внешнему виду различают: *эллиптические* галактики E ($\sim$17 %), отличающиеся друг от друга степенью сплюснутости, *спиральные* S ($\sim$80 %) и *неправильные* Ir ($\sim$3 %). Спиральные отличаются степенью развитости спиральных ветвей. Кроме того, спиральные галактики подразделяются на *обыкновенные* S и *пересеченные* (или с *перемычкой*) SB. Рис. 124 дает пример галактики с перемычкой, спирали начинаются с концов перемычки. Неправильные Ir бывают двух типов: Ir I — *рассеянные* и Ir II — *компактные*. Большинство галактик Ir сплюснуты (от 1/5 до 2/5), что свидетельствует в пользу предположения об их вращении.

Внешний вид галактики зависит от угла, который составляет наш луч зрения с экваториальной плоскостью системы. Некоторые из них мы видим «плашмя» (рис. 125), другие «с ребра» (рис. 126), большинство же мы рассматриваем под некоторым углом (см. рис. 123).

Видимая сплюснутость эллиптической галактики обозначается дополнительной цифрой от 0 до 7 (ее можно выразить формулой $e = 10\,(a-b)/a$, где a — большая, а b — малая оси эллипса), а степень развитости ветвей спиральных туманностей

Рис. 123. Спиральная галактика в созвездии Андромеды (M 31 = NGC 224) с двумя спутниками (эллиптическая галактика M 32 = NGC 221 ниже центра M 31 и эллиптическая галактика NGC 205 вверху справа). Север вверху

обозначается дополнительными буквами, a, b или c. Индекс «c» характеризует хорошо развитые ветви, которые можно проследить почти до самого центра ядра. Рис. 127 представляет схему первоначальной классификации Э. Хаббла (1926), которая в дальнейшем подвергалась уточнениям и улучшениям. Интегральный спектр галактики представляет собой результат взаимного наложения линий поглощения и эмиссионных линий звезд и межзвездного газа. Эквивалентный спектральный класс галактики зависит от того, какие звезды вносят главный вклад в свечение галактики. Обозначения спектрального класса (A-, AF-, F-, FG- и K-системы) указывают на преобладающее звездное население.

Рис. 124. Галактика типа SBb (или SBc) NGC 1300 в созвездии Эридана

Рис. 125. Спиральная галактика M 51 = NGC 5194 «Водоворот» в созвездии Гончих Псов, видимая «плашмя», со спутником NGC 5795 (внизу) — пекулярной Ir II

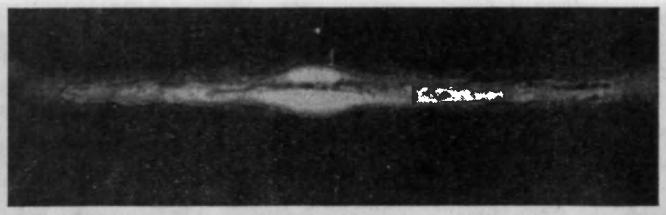


Рис. 126. Спиральная галактика NGC 4565 типа Sb, видимая «с ребра»

Рис. 127. Классификация галактик (по Хабблу)

В. Морган (США) предложил классификацию галактик с помощью малых букв a, f, g, k, определяющих преобладающий спектральный класс, причем галактики типа a имеют довольно равномерное распределение яркости, а тип k отличается сильной концентрацией яркости в центре. Промежуточные спектральные классы соответствуют разным степеням концентрации.

Ван ден Берг предложил отмечать римскими цифрами I–V соответственно сверхгигантские (рис. 129), яркие гигантские, гигантские, субгигантские и карликовые галактики. Схема классификации ван ден Берга имеет следующий вид:

$$\begin{array}{ccccc} & & \text{Sb I} & \text{Sc I} & \\ & & \text{Sb II} & \text{Sc II} & \\ \text{E} - \text{Sa} & - & \text{Sb III} & - \text{Sc III} - & \text{Ir III} \\ & & \text{S IV} & & \text{Ir IV} \\ & & \text{S V} & & \text{Ir V} \end{array}$$

При этом указанные «классы светимости» галактик соответствуют следующим абсолютным величинам (в последнем столбце указаны относительные численности галактик всех типов, но различных классов светимости):

Классы	Пределы M_{ph}	Относительное число N
I, I–II	$-20{,}5^m \ldots -19{,}5^m$	1,9
II, II–III	$-19{,}5 \ldots -18{,}5$	12,4
III, III–IV	$-18{,}5 \ldots -17{,}5$	22,3
IV	$-17{,}5 \ldots -16{,}5$	21,8
IV–V	$-16{,}5 \ldots -15{,}5$	(55)
За единицу N принято число галактик типа Sc I, I–II.		

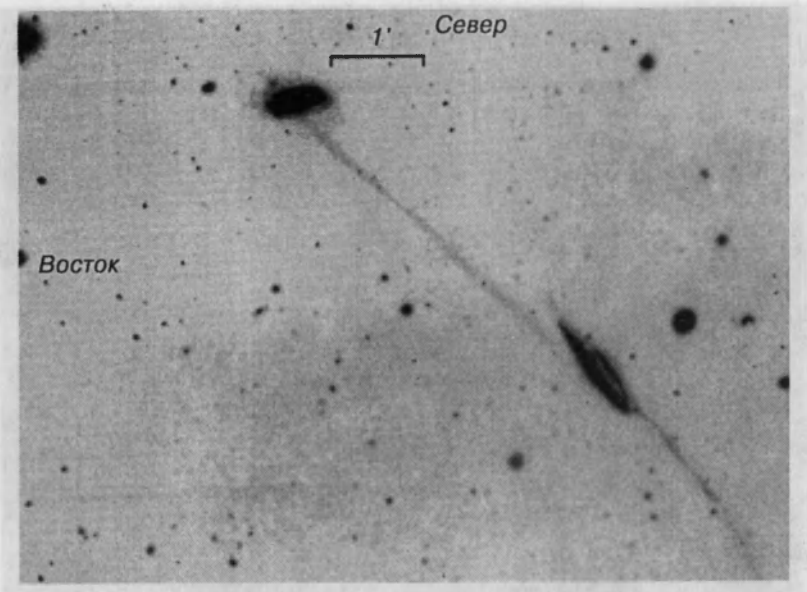


Рис. 128. Взаимодействующие галактики VV 34 (т. е. номер 34 в «Каталоге взаимодействующих галактик» Б. А. Воронцова-Вельяминова). Координаты 1950 года: $\alpha = 23^h39^m$, $\delta = -3°56'$

Изучая открытые им *взаимодействующие галактики*, Б. А. Воронцов-Вельяминов (Москва) обнаружил разнообразные формы взаимного влияния звездных систем, выражающегося в искажении формы ветвей, в появлении перемычек и «хвостов» (рис. 128). Он открыл также новый тип небесных тел: в «гнездах» галактик, наряду с галактиками типов S0 и I, окруженных общим туманом и состоящими, по-видимому, из звезд, находятся громадные сгустки, свечение которых обусловлено ионизованным газом, а не звездами. Светимость и масса этих сгустков очень велики, их можно грубо оценить как $-18{,}5^m$ и $10^6\ \mathfrak{M}_\odot$ соответственно. Не являются ли эти сгустки «предшественниками» галактик? Определены массы нескольких десятков галактик. Интегральная абсолютная звездная величина NGC 6166 (рис. 129) оказалась равной $-22{,}0^m$, а масса $1{,}4 \cdot 10^{13}\ \mathfrak{M}_\odot$; большинство галактик имеет $\mathfrak{M}$, равную $5 \cdot 10^{10}-10^{11}\ \mathfrak{M}_\odot$, карликовые галактики в сотни раз меньше, эллиптические в ~ 30 раз больше спиральных по массе.

У гигантских эллиптических галактик NGC 383, 541, 1275, 4261, 4486 и некоторых других обнаружены обширные внешние области, населенные звездами-карликами. Их учет значительно увеличивает оценки полных масс галактик. В пятитомном «Морфологическом каталоге галактик», составленном в ГАИШ под руководством Б. А. Воронцова-Вельяминова, для каждой из 32 000 галактик ярче 17^m дано подробное описание всех ее особенностей, опирающееся на 40 символов, характеризующих типовые особенности галактик.

При фотографировании галактик их размеры и внешний вид зависят от размеров и светосилы инструмента и от продолжительности экспозиции. Туманность Андромеды, которая в безлунную ночь имеет длину в 0,5 градуса для невооруженного глаза, на фотографиях, полученных с большими рефлекторами, имеет диаметр 3°, а с помощью фотоэлектрических фотометров прослеживается вдоль большой оси до 3,5° от ядра.

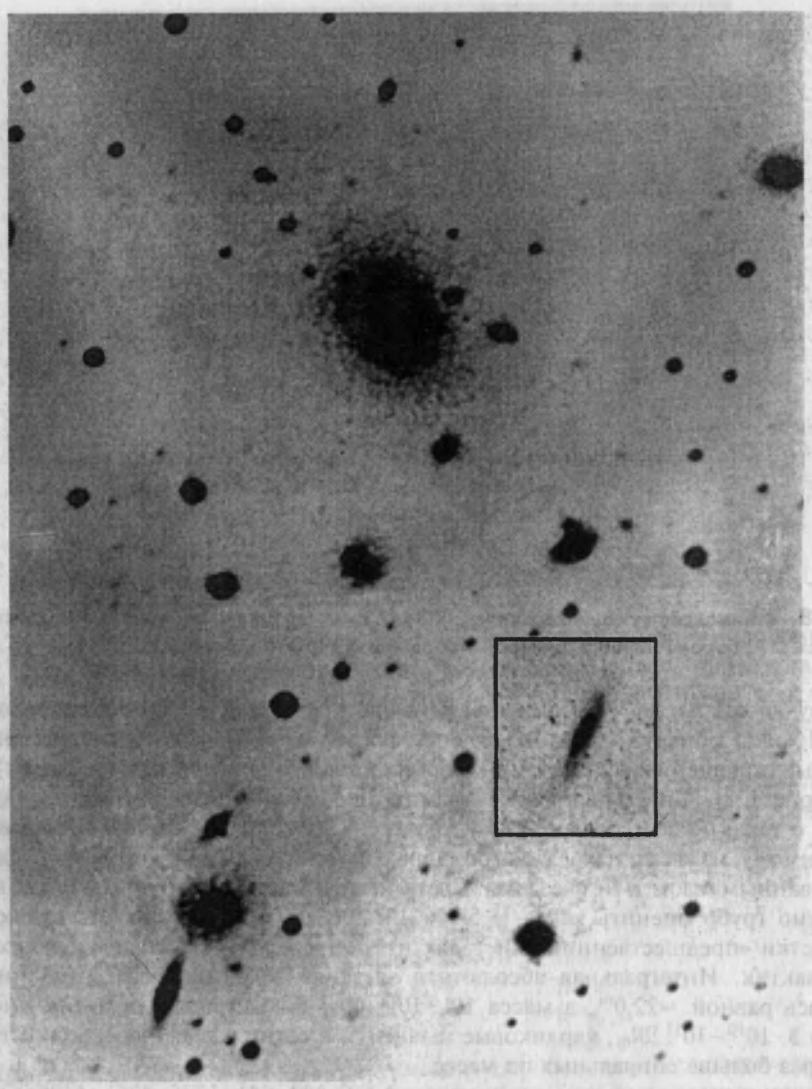


Рис. 129. Самая большая из известных галактик NGC 6166 (в центральной части скопления галактик в созвездии Com). Она выглядит как объект 12^m. Для сравнения показана NGC 224 = M 31 в Андромеде, которая изображена в рамке такой, какой она была бы видна на расстоянии NGC 6166 (300 млн световых лет)

В настоящее время доказано, что не только ветви спиралей, но и их ядра и эллиптические галактики состоят из звезд (рис. 130).

В спиральных галактиках (например, в Андромеде, Треугольнике, Гончих Псах, а также в Магеллановых Облаках) обнаружены многие черты, характерные для нашей Галактики: в них найдены переменные и новые звезды, газовые туманности и шаровые скопления. Оказалось, что цефеиды в галактиках подчиняются той же зависимости «период—светимость», что и переменные нашей системы; впервые эта зависимость была обнаружена у цефеид Малого Магелланова Облака. Это, с одной

Рис. 130. Эллиптическая галактика типа E4 NGC 147, разрешенная на звезды В. Бааде в 1944 г.

стороны, свидетельствует о единстве законов природы в изученной области Вселенной, а с другой стороны, дает возможность определять огромные расстояния до галактик, в которых обнаружены цефеиды. Основным методом определения расстояний до галактик является метод *фотометрических параллаксов*: из сопоставления видимой звездной величины m каких-либо звезд, входящих в галактику,

с абсолютной их величиной M, известной по аналогии с уже изученными звездами нашей Галактики (например, со сверхгигантами, новыми и сверхновыми в максимуме блеска, цефеидами и другими переменными звездами), получается величина $(m - M)$ — *модуль расстояния*, которая позволяет оценивать удаленность галактики. Для более далеких галактик интегральные m и M всей галактики служат для определения ее модуля расстояния.

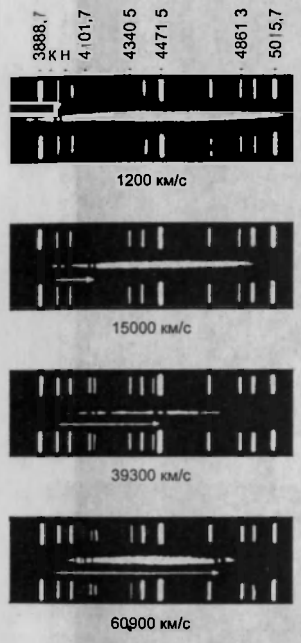


Рис. 131. «Красное смещение» в спектрах галактик и соответствующие лучевые скорости. Указано положение линий K (3934 Å) и H (3968 Å) кальция

У тысяч галактик определены лучевые скорости. У подавляющего большинства обнаружено смещение линий в красную часть спектра, причем чем слабее туманность (что в среднем соответствует большему расстоянию от нас), тем это «красное смещение» больше (рис. 131). Галактики как бы разбегаются во все стороны; при этом оказывается, что лучевая скорость галактики тем больше, чем галактика дальше от нас (табл. 67). Зависимость «скорость—расстояние» (*закон Хаббла*) имеет приблизительно линейный вид, т. е. скорость прямо пропорциональна расстоянию, причем на каждый миллион парсеков (т. е. на мегапарсек) положительная лучевая скорость увеличивается приблизительно на 75 км/с (*постоянная Хаббла*). Описанная зависимость дает возможность довольно уверенно оценивать расстояния удаленных галактик по их лучевым скоростям.

«Разбегание» галактик и вытекающее из него «красное смещение», возможно, являются свойствами лишь определенной области бесконечной Вселенной и лишь в определенную эпоху. Расширение может смениться сжатием, также ограниченным во времени. Некоторые данные говорят о том, что само это расширение происходит в настоящее время с замедлением.

В табл. 66 собраны данные о наших ближайших соседях, образующих *Местную группу галактик*. Наиболее удаленная из них отстоит примерно на 1 Мпк от Солнца. Среднее расстояние между галактиками примерно на порядок (т. е. в 10 раз) больше их средних размеров. Местная группа состоит примерно из 35 членов: трех спиральных галактик (включая нашу Галактику), одной эллиптической, десяти неправильных типа Большого (рис. 132) и Малого Магеллановых Облаков и 19-ти карликовых сфероидальных Галактик. Возможными членами группы являются еще семь галактик (из них три спиральные и три неправильные)[33]. Кроме того, вдали от центра Галактики обнаружено пять шаровых скоплений, которые также входят в Местную группу. Можно думать, что наша Галактика образует вместе с Магеллановыми Облаками тройную систему (такие нередко встречаются во Вселенной). Другую такую подгруппу образуют M 31 (And), два ее близких и несколько далеких спутников. Компоненты таких кратных систем галактик часто обнаруживают

[33] Сам Млечный Путь почти непрозрачен для света галактик. Поглощение в нем образует так называемую «*зону избегания Хаббла*», в которой почти не видно галактик. Безусловно, среди загороженных от нас галактик имеются и неизвестные нам члены Местной группы (и даже, может быть, довольно яркие ее члены).

Рис. 132. Большое Магелланово Облако — спутник Галактики

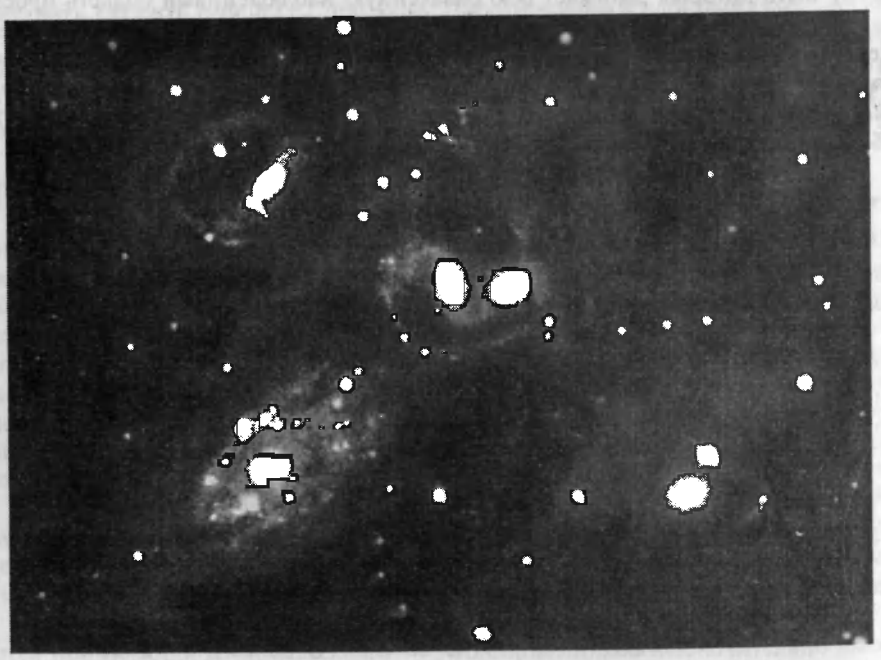


Рис. 133. Группа из пяти галактик (NGC 7317–7320) в созвездии Пегаса — «квинтет Стефана» (открыт им в конце XIX в.)

следы взаимных влияний: искажение формы, соединяющие их «рукава», «хвосты», состоящие также из звезд и т. д. (рис. 133).

Относительно окружающих галактик наша Галактика движется со скоростью 210 км/с в направлении, которое в настоящее время определяется положением созвездия Mon.

В табл. 67 дан список ближайших групп галактик.

Современные телескопы позволяют обнаружить (фотографическим путем) более миллиарда галактик ярче 23^m. На картах Паломарского атласа можно увидеть несколько тысяч богатых скоплений (облаков) галактик, как бы образующих более сложные системы во Вселенной. Каталог Эйбелла 1958 г. содержит 2712 богатых скоплений. Массы скоплений оцениваются от $3{,}4 \cdot 10^{13}\,\mathfrak{M}_\odot$ (CVn) до $2{,}5 \cdot 10^{15}\,\mathfrak{M}_\odot$ (Com). Средний размер скоплений галактик ~ 3 Мпк, среднее расстояние между ними ~ 30 Мпк.

На рис. 134 показано распределение по небу 78 000 галактик в области, охватывающей около 0,1 всего неба. Отчетливо заметна тенденция к образованию отдельных групп и скоплений галактик. Самые удаленные галактики, которые еще можно сфотографировать, расположены на расстоянии нескольких миллиардов световых лет. Иногда область Вселенной, доступную наблюдениям, называют *Метагалактикой*, но подчеркивают, что это не какая-то сверхсистема, а лишь объем пространства со всем, что его наполняет. Если Метагалактику «уместить» в пределах территории СНГ, то Солнечная система «утонет» в 1 мкм^2! (В. А. Амбарцумян). С точки зрения космологии можно сказать, что Метагалактика — это совокупность галактик и их систем, часть которых занимает всю охваченную наблюдениями область пространства. Иногда все пространство до 20 Мпк, включая большое скопление галактик в Деве, называют Местной Метагалактикой. Если Метагалактика пространственно ограничена, то, вероятно, существуют и другие метагалактики. Число доступных обнаружению галактик в настоящее время оценивается в $\sim 1-2$ миллиарда. Около 10 % всех галактик находится в богатых скоплениях.

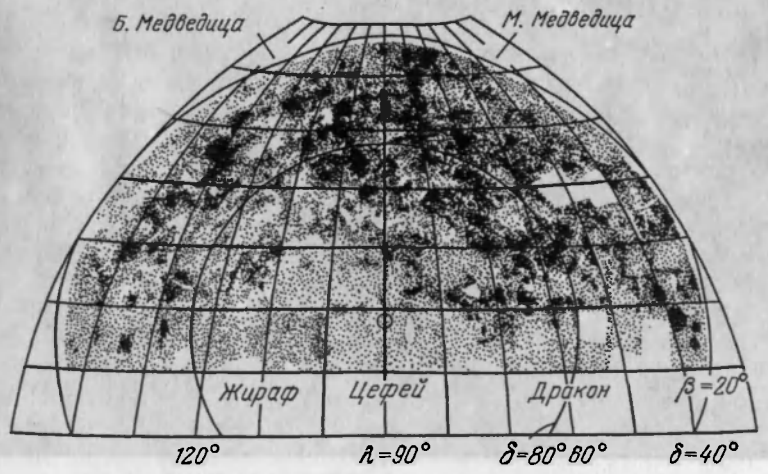


Рис. 134. Облака галактик. Распределение 78 000 галактик на площади 3600 кв. градусов. Кружком отмечен Северный полюс мира (его галактические координаты $l = 90°$, $b = +28°$). Названия созвездий отмечают только направление их расположения относительно полюса, а не их места на небе. Белые пятна справа — неисследованные площадки

Были попытки (Ж. де Вокулер) выявить в Метагалактике *сверхгалактику* с центром в скоплении галактик в Vir, определить ее размеры (диаметр 30 Мпк), расстояние до центра (10 Мпк), период вращения (от 50 млрд лет близ ее центра до 200 млрд лет на расстоянии нашей Галактики) и массу ($10^{15}\,\mathfrak{M}_\odot$). Однако эту проблему нельзя еще считать решенной, и мы пока ограничимся сказанным.

Новые мощные астрономические инструменты и новые методы наблюдения все увеличивают область Вселенной, доступную изучению. Вселенная безгранична в пространстве и не ограничена во времени — не было начала и не будет конца ее существованию. Меняются лишь формы существования материи. Она движется в том круговороте материи, о котором писал Ф. Энгельс: «...круговорот, в котором каждая конечная форма существования материи — безразлично, солнце или туманность, отдельное животное или животный вид, химическое соединение или разложение — одинаково преходяща и в котором ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся, вечно движущейся материи и законов ее движения и изменения» (Диалектика природы, 1950, с. 18).

Идеи, относящиеся к «Вселенной в целом» или «Вселенной как целое», составляют предмет *космологии*, опирающейся в своих заключениях на весь накопленный наблюдательный материал о Метагалактике, на современную физику многочисленных известных теперь видов элементарных частиц и на представления о возможных свойствах вещества в экстремальных условиях (например, при температурах порядка миллиардов кельвинов и давлениях в миллионы атмосфер).

Современная астрономия служит прекрасным свидетельством необычной мощи человеческого ума, стремящегося познать закономерности окружающего его мира и заставить служить себе силы природы. Поразительны бездонные глубины небес, но не менее поразительны мощь, острота и изобретательность постигающего их человеческого разума. «Человеческой мысли потребовалось лишь несколько тысячелетий, чтобы проникнуть туда, куда свет доходит лишь в сотни миллионов лет» (акад. А. А. Михайлов).

§ 1.18. Радиоастрономия

Почти с самого начала развития радио стало очевидным, что ионосфера сильно влияет на распространение радиоволн. Отражая декаметровые радиоволны (диапозоны КВ и, ночью, СВ), ионосфера позволяет осуществлять радиосвязь на больших расстояниях на Земле. Ионосфера испытывает изменения, зависящие от солнечной активности. На распространении радиоволн сказывается также наличие метеорных следов, состоящих из ионизованных газов земной атмосферы. Методами радиолокации можно, независимо от погоды и даже днем, вести наблюдения метеорных потоков, определяя высоту и скорость движения метеорных тел в верхних слоях атмосферы Земли, обнаруживая радианты «дневных потоков».

В 1931 г., изучая атмосферные радиопомехи, Карл Янский (США) обнаружил, по-видимому, связанное с Млечным Путем космическое радиоизлучение. В 1940 г. Г. Ребер (США), независимо от К. Янского, обнаружил радиоизлучение Млечного Пути. В 1944 г. Ребер, а также Хей (Англия) открыли радиоизлучение Солнца, и с тех пор началось широкое исследование радиоизлучения небесных тел. Оно ведется при помощи *радиотелескопов* — радиоприемников исключительно высокой чувствительности. Предельно малый поток, еще регистрируемый современными радиотелескопами, $3 \cdot 10^{-18}$ эрг/(с · см^2). Антенны радиотелескопов представляют собой либо комбинацию так называемых *диполей* (немного похожих на приемные телевизионные антенны), либо *отражатели* с параболической поверхностью (рис. 135),

Рис. 135. Параболическая антенна радиотелескопа РТ-22 (диаметр 22 м) Окской радиоастрономической обсерватории

иногда сплошной, иногда сетчатой. Общая площадь антенн может достигать сотен тысяч квадратных метров — размеры, совершенно недоступные для оптических телескопов. Современные радиотелескопы работают на длинах волн от 1 мм до 30–60 м — в пределах «радиоокна» прозрачности земной атмосферы. Недостатком радиотелескопов долгое время была их низкая разрешающая способность, достигавшая даже у больших радиотелескопов лишь нескольких минут дуги. Однако использование интерференционного метода (в особенности — автономно действующих компонентов интерферометров, разведенных на громадные расстояния) резко повысило разрешающую способность радиоастрономических инструментов, с которыми теперь уже не могут соперничать оптические телескопы (она достигает величины 0,0002″!). Спектральное разрешение радиотелескопа $\delta\lambda/\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$ (тогда как в оптической звездной спектроскопии оно лишь 10^{-4}).

В отличие от земной радиостанции, работающей на одной или на ряде «несущих частот», модулируемых звуком или изображением (в телевидении), космическое радиоизлучение происходит хаотически на всех частотах. Это значительно усложняет прием такого излучения, так как нельзя настроиться на какую-либо одну определенную радиоволну того или иного космического объекта и приходится регистрировать

интенсивность излучения в различных длинах волн радиодиапазона — изучать «радиоспектр» источника. Большинство источников имеет спектр, охватывающий весь радиодиапазон. Исключение составляют радиолинии различных атомов и молекул межзвездной среды. Наиболее важными радиолиниями являются линия атомарного водорода с длиной волны 21 см молекулы CO (2,6 мм), радикала OH (четыре линии в диапазоне 18 см) и некоторых других молекул.

В пределах Солнечной системы обнаружено радиоизлучение Солнца, Луны и всех больших планет, кроме Плутона. В радиоспектре Юпитера излучение на декаметровых волнах носит весьма нерегулярный характер и напоминает помехи от земных гроз.

В общем радиоизлучении Галактики обнаружены две составляющие. Одна показывает заметную галактическую концентрацию (см. с. 174) и наличие максимума интенсивности в области центра Галактики. Источником этого радиоизлучения являются облака межзвездного водорода, ионизованного излучением близлежащих горячих звезд. Другая составляющая не обнаруживает галактической концентрации. Она связана с излучением электромагнитных волн свободными электронами, движущимися с громадными скоростями в магнитных полях, существующих в разреженной среде между облаками межзвездного газа. В диапазоне радиоволн длиннее 10 м Млечный Путь много «ярче» Солнца, тогда как в видимых лучах Солнце в 10^{11} раз ярче совокупности всех звезд.

Длина электромагнитных волн λ и их частота (число колебаний в секунду) ν связаны соотношением $\lambda\nu = c$, где c — скорость света. Частоты выражаются в герцах [1 герц (1 Гц) равен одному колебанию в секунду], килогерцах (1 кГц = 10^3 Гц), мегагерцах (1 МГц = 10^6 Гц), гигагерцах (1 ГГц = 10^9 Гц). Особое значение имеет радиоизлучение межзвездного атомарного нейтрального водорода на волне 21,1049 см (частота 1420,405 МГц), так как водород — наиболее распространенный элемент во Вселенной. Линия 21 см образуется в результате так называемого запрещенного перехода между подуровнями сверхтонкой структуры основного состояния HI под воздействием магнитного взаимодействия электронной оболочки и ядра. Возбужденное состояние соответствует параллельной, а $F = 0$ основной антипараллельный ориентировке спинов электрона и ядра. Радионаблюдения областей нейтрального водорода (обозначаются HI) позволяют находить их плотность, скорость движения в проекции на луч зрения и распределение в пространстве, а также температуру межзвездной среды (которая оказалась порядка 100 K). Эти наблюдения дали возможность наметить расположение спиральных рукавов Галактики (рис. 136), определить скорость вращения на различных расстояниях от центра Галактики. Излучение на волне 21 см не поглощается межзвездной пылью, что дает возможность проникать далеко в область ядра Галактики и даже по другую сторону от него.

Помимо указанного общего радиоизлучения Галактики в настоящее время известны десятки тысяч отдельных интенсивных источников радиоизлучения, имеющих столь малые угловые размеры, что эти источники получили название *точечных* или *дискретных источников радиоизлучения*. Распределение их по небу и другие данные говорят о том, что хотя некоторые наиболее интенсивные источники лежат в Млечном Пути, большинство дискретных источников связано с другими галактиками. Источники радиоизлучения галактического происхождения имеют угловые размеры до $20'$ и больше. Они были названы «радиотуманностями». Ряд радиотуманностей отождествлен с остатками оболочек, сброшенных во время вспышек сверхновых (п. 1.10.16) в нашей Галактике. Таковы, например, Крабовидная туманность в созвездии Тельца (рис. 137), которая возникла в результате вспышки SN 1054 г. (в «Крабе» имеется источник меньше $0{,}1''$ в диаметре с $T > 10^{14}$ K,

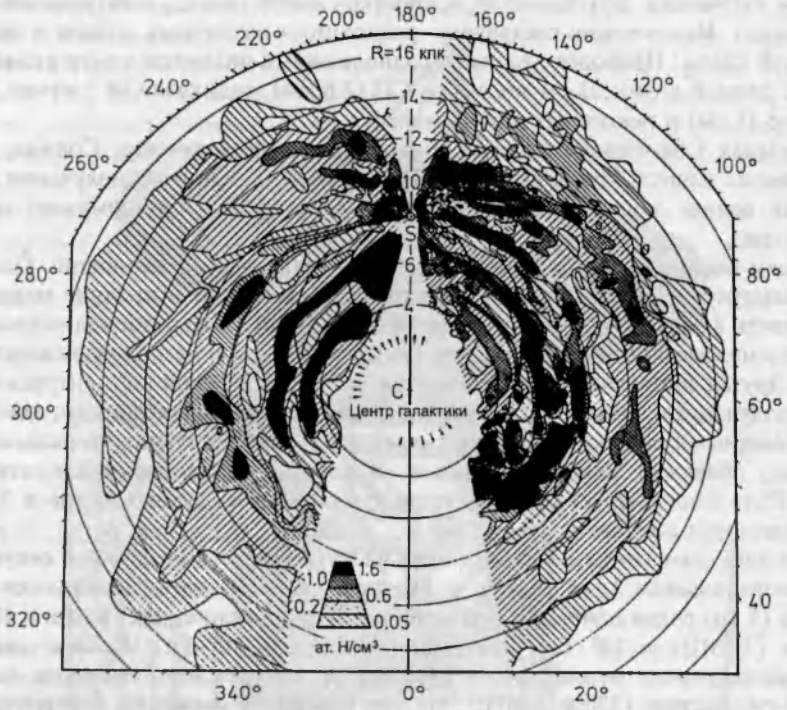


Рис. 136. Распределение нейтрального водорода в Галактике (Оорт и др. 1958)

Рис. 137. Крабовидная туманность в Тельце (M1 = NGC 1958), снятая в $\lambda\lambda$ 6300–6700 Å

в радиодиапазоне около 12 м он вносит 80 % в общее радиоизлучение туманности, в диапазоне около 7,9 м — 20 %), слабая радиотуманность на месте SN 1572 г. (так называемой «звезды Тихо Браге») и т. д. Другие радиотуманности представляют

собой обычные диффузные туманности (например, туманность Ориона), ионизованные горячими звездами. Звездная величина, соответствующая частоте ν, вычисляется по формуле $m_\nu = -53{,}45 - 2{,}5 \lg S_\nu$, где S_ν спектральная плотность потока (Вт/(м^2 · Гц)). Единица радиопотока, равная 10^{-26} Вт/(м^2 · Гц), называется янский (Ян), jansky (Jy). Интенсивные источники имеют потоки 10–100 Jy, самые слабые — тысячные доли Ян (mJy). На 70 % площади небесной сферы, изученной полностью на частоте 1420 МГц, существует 16 внегалактических источников, у которых m_{1420} ярче $8{,}6^m$. Четырнадцать из них отождествлены с оптическими объектами, один источник — 3C 273, т. е. № 273 в 3-м Кембриджском (Англия) каталоге радиоисточников, — квазар, другой источник — 3C 405 — связан с радиогалактикой Cyg A. Распределение по абсолютным величинам следующее:

Один слабый источник ($M_{1420} \sim -16^m$) — галактика M 31 And, 4 средних ($M_{1420} \sim 24^m$): Cen A, NGC 4261, Vir A, For A, 3 интенсивных ($M_{1420} \sim -28^m$): 3C 353, Pic A, Hya A, 8 очень интенсивных ($M_{1420} \sim -32^m$): 3C 273, Her A, 3C 286, 3C 48, Cyg A, Boo A, 3C 147 и 3C 123.

Радиоизлучение внегалактичекого происхождения, приходящее от галактик и их скоплений, имеет различную природу у разных объектов. В основном это *нетепловое радиоизлучение* — излучение быстрых (так называемых *релятивистских*) электронов, движущихся в магнитных полях. Некоторые галактики выделяются среди других необычно мощным радиоизлучением. В них имеются облака релятивистских частиц (электронов и протонов с энергиями во много миллиардов электрон-вольт). Эти облака с большой скоростью удаляются от центра галактики, одновременно быстро расширяясь. У галактики M 87 = NGC 4486 на фотографии виден односторонний выброс, состоящий из нескольких голубых сгустков (рис. 138) — источников интенсивного радио- и оптического излучения этих релятивистских частиц. Такова же эллиптическая галактика NGC 3561 со струей, исходящей из центральной области и состоящей из голубых сгустков очень высокой светимости. Есть радиогалактики (их более 100), в которых источники радиоизлучения сосредоточены в самих ядрах. В центре нашей Галактики также находится интенсивный нетепловой радиоисточник небольших размеров (~10 пк) и сложной структуры. Однако термином *радиогалактики* обозначают лишь такие, радиоизлучение которых в 10^3–10^6 раз превышает излучение нашей Галактики. Как правило, радиогалактики относятся к эллиптическим объектам и имеют большую массу, 60 % из них двойные. Анализ их *радиоспектра* (т. е. изменения интенсивности с частотой) показал падение энергии радиоизлучения с повышением частоты. Для объяснения этой особенности И. С. Шкловский в 1953 г. предложил *синхротронный механизм излучения*, т. е. магнитно-тормозное излучение релятивистских электронов.

Рис. 138. Ядро гигантской галактики M 87 = NGC 4486 с выбросом из голубых сгустков. Интенсивный источник радиоизлучения

Табл. 62 и 63 дают списки наиболее интенсивных радиоисточников различного происхождения — галактических и внегалактических. Многие радиоисточники еще не отождествлены с оптическими объектами.

С 1963 г. стали открывать необыкновенные объекты, получившие в конце концов название *квазаров* (quasar — quasi stellar radiosource — квазизвездный радиоисточник). В телескоп (или на фотографиях) почти все они неотличимы от звезд. Однако по интенсивности радиоизлучения квазары сравнимы с самыми мощными радиогалактиками, состоящими из десятков миллиардов звезд, а в оптическом диапазоне они излучают в сотни раз интенсивнее, чем обычные галактики. Наблюдаются переменное нетепловое радиоизлучение до 10^{40} Вт, выбросы газа и релятивистских частиц, исключительная компактность. В их спектре много ярких линий излучения. Они имеют повышенную интенсивность ультрафиолетового излучения. Размеры квазаров столь малы, что в пересчете на время, в течение которого свет проходит поперечник квазара, составляют гораздо меньше светового года (сравните с размерами галактик в 50–100 тыс. световых лет).

Квазары показывают самые большие из известных значения красного смещения линий в спектре и, таким образом, оказываются самыми далекими от нас объектами. У многих квазаров доплеровское красное смещение $\Delta\lambda/\lambda$ больше 2, т. е. ультрафиолетовая область их спектров попадает в видимую часть спектра! Квазар ОН 471 имеет $z = 3{,}40$, т. е. $V_r = 0{,}91\ c$, или 272 000 км/с! Его расстояние оценивается в 3600 Мпк $\approx 12 \cdot 10^9$ световых лет. Надо отметить, что обычную формулу эффекта Доплера $\Delta\lambda/\lambda = V_r/c$ при очень больших скоростях надо заменить более сложной, вытекающей из специальной теории относительности Эйнштейна:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{1 + V_r/c}{\sqrt{1 - (V_r/c)^2}} - 1 \qquad (25а)$$

или

$$V_r = c\frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1}. \qquad (25б)$$

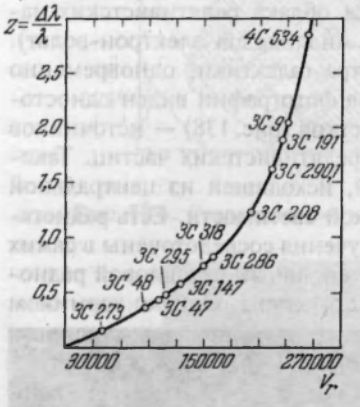


Рис. 139. Зависимость z от V_r для ряда квазаров и одной галактики (3С 295)

Эта формула удовлетворяет принципу, по которому никакая скорость в природе не может превысить некоторой предельной, с которой свет распространяется в вакууме (300 000 км/с). Для характеристики красного смещения (а отсюда и расстояния) теперь используют саму величину $z = \Delta\lambda/\lambda$, получающуюся из непосредственных измерений смещения линий в спектре. Связь z и V_r изображена на рис. 139, где показаны также места нескольких объектов из табл. 63.

Самый близкий квазар 3С 273 находится на расстоянии около 3,0 млрд световых лет ($z = 0{,}16$, $V_r = 48\,000$ км/с). Он виден как звезда 13^m, т. е. доступен наблюдениям с небольшим телескопом или на фотографиях. На рис. 140 дана карта окрестностей с несколькими звездами сравнения.

В последние годы множатся доказательства того, что вокруг центрального тела квазара располагается протяженная оболочка, светимость которой $\sim 10^{10}$–10^{11} светимостей Солнца, т. е. как у нормальной галактики. Диаметр оболочки 90±30 кпк, что сходно с размерами галактик. Таким образом, квазар — это аномально активное ядро галактики.

Большой интерес представляет изучение колебаний блеска и радиоизлучения квазаров. В частности, квазар 3С 273 обнаруживает колебания блеска, которые прослежены по старым пластинкам до 1890 г. За это время отмечены нерегулярные

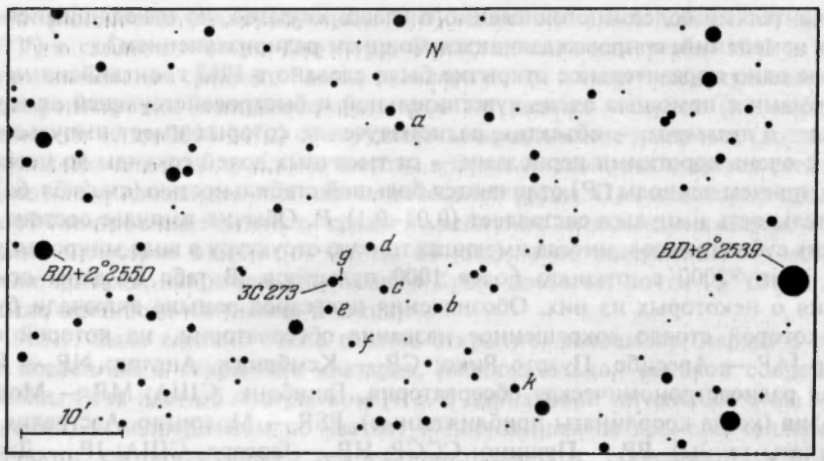


Рис. 140. Карта окрестностей квазара 3С 273.

Звездные величины и показатели цвета звезд сравнения:

Зв. вел. и цвет	*k*	a	c	*b*	*d*	*e*	*f*	*g*
B	11,79	12,38	12,75	12,57	13,04	13,24	13,85	13,99
V	10,33	11,72	11,76	12,13	12,51	12,58	12,76	13,38
B—*V*	+1,46	+0,66	+0,99	+0.44	+0,53	+0,66	+1,09	+0,61
U—*B*	+1,80	+0,13	+0,59	−0,05	−0,02	+0,10	+0,80	0,11

колебания блеска с амплитудой до $0{,}7^m$ и с циклами около недели и около 10 лет. 3С 273 испускает света в сотни раз больше, чем самые абсолютно яркие галактики, а радиоизлучение его больше, чем у самой мощной радиогалактики, причем излучают в радиодиапазоне звездообразное ядро этого квазара и длинный выброс, видимый на фотографиях. Кроме того, 3С 273 — мощный источник рентгеновского излучения, которое в 50 раз больше мощности радиоизлучения и вдвое больше мощности оптического излучения.

Обшее число квазаров до $19{,}7^m$ оценивается по снимкам в красных лучах Паломарского звездного атласа в 100 000. Хотя квазарам посвящено много исследований, природа их остается еще не разгаданной. Открыто несколько квазаров, у которых наряду с эмиссионными линиями видны линии поглощения с одинаковым для всех квазаров значением $z = 2{,}0$. Новая тайна или ключ к разгадке природы квазаров?

Изучены радиосветимости более 2000 внегалактических объектов. Хотя дисперсия светимостей их очень велика, все же наметился плавный переход от нормальных галактик к радиогалактикам, а затем к квазарам, что, может быть, говорит в пользу космологической трактовки этой зависимости (иначе говоря, переходя от больших z к меньшим, мы переходим от объектов далекого прошлого к объектам более поздним и представляющим, может быть, более поздние стадии их эволюционного развития).

В 1965 г. в США при поисках квазаров по ультрафиолетовому избытку было открыто много слабых голубых объектов с очень большими z, но без заметного радиоизлучения. Их назвали в конце концов *квазизвездными галактиками* или, сокращенно, *квазагами*. Больше 100 из них ярче 12^m и больше 160 000 ярче 19^m. Таким образом, их пространственная плотность в 20 000 раз меньше, чем для обычных галактик, и в 500 раз больше, чем для квазаров. Может быть, квазары являются

представителями более многочисленного класса квазагов, но находящимися в фазе бурных изменений, сопровождающихся мощным радиоизлучением?

Еще одно поразительное открытие было сделано в 1967 г. английскими радиоастрономами с помощью очень чувствительной и быстродействующей аппаратуры. Речь идет о *пульсарах* — объектах, радиоизлучение которых имеет импульсный характер с очень короткими периодами — от тысячных долей секунды до нескольких секунд, причем периоды (P) отличаются большой стабильностью (см. табл. 64). Продолжительность импульса составляет (0,01–0,1) P. Обычно импульс состоит из нескольких субимпульсов, иногда имеющих тонкую структуру в виде микроимпульсов.

К концу 2000 г. открыто более 1000 пульсаров. В табл. 64 даны основные сведения о некоторых из них. Обозначения пульсаров раньше включали букву P, перед которой стояло сокращенное название обсерватории, на которой открыт пульсар [AP — Аресибо, Пуэрто-Рико; CP — Кембридж, Англия; NP — Национальная радиоастрономическая обсерватория, Гринбэнк, США; MP — Молонгло, Австралия (когда координаты приближенные), PSR — Молонгло, Австралия (когда координаты точны): PP — Пушино, СССР; HP — Гарвард, США; JP — Джодрелл Бэнк, Англия], и цифры, указывающие часы и минуты прямого восхождения. Позже стали добавлять знак и число градусов склонения. Пульсары оказались очень ценными для изучения свойств межзвездной среды, сквозь которую проходит их излучение по дороге к наблюдателю.

Пульсары показывают галактическую концентрацию (z = 150 пк) с преобладанием в той половине галактического экватора, где расположен центр Галактики, что говорит об их принадлежности Галактике. Однако есть пульсары и на высоких галактических широтах. Несколько пульсаров найдены в областях, занятых остатками сверхновых, например, в центральной части Крабовидной туманности — остатка SN 1054 г.

У некоторых пульсаров определено очень медленное увеличение периода (соответствующее удвоению периода за 10^3–10^8 лет). Но иногда период укорачивается.

Теоретики для объяснения наблюдаемых эффектов выдвигают гипотезу вращающейся нейтронной звезды, излучающей подобно маяку. Эта гипотеза может дать объяснение и постепенному увеличению периода пульсара, и его резкому уменьшению.

Нейтронная звезда — один из вариантов последней стадии существования звезды. После «выгорания» водорода в недрах звезды вещество под действием сил *гравитации* сжимается. Это происходит, вероятно, внезапно (со взрывом, которым можно объяснить вспышки сверхновых звезд). При плотности в десятки и сотни миллионов тонн в кубическом сантиметре создаются благоприятные условия для превращения протонов и электронов в нейтроны, откуда и происходит название этих звезд.

При массе примерно от 1,4 до 2 $\mathfrak{M}_\odot$ и плотности порядка 10^{14} г/см^3 нейтронная звезда должна иметь радиус 10 км (т. е. в 70 000 раз меньше солнечного), что при периоде вращения $1{,}34^s$ дает не очень большую центробежную силу на экваторе, где линейная скорость всего около 50 км/с и тем самым не угрожает целости этой необыкновенной звезды. Открытие пульсаров — важный аргумент в пользу существования во Вселенной нейтронных звезд, которые давно уже искали, чтобы объяснить происхождение источников рентгеновского излучения, обнаруженных во время ракетных исследований, а затем и с ИСЗ.

В конце 1968 г. на Стюартской обсерватории в США впервые обнаружены пульсации оптического и рентгеновского излучения пульсара NP 0531, расположенного в центре Крабовидной туманности и отождествленного со звездой $16{,}5^m$, причем его рентгеновское излучение по мощности в 1000 раз больше оптического

и в 1 млн раз больше радиоизлучения. Оптические импульсы имеют тот же период ($0{,}033^s$) и сходную тонкую структуру. Сопоставление измерений 1942 и 1968 гг. показало уменьшение среднего блеска пульсара почти на одну звездную величину.

При регистрации импульсов пульсаров на разных частотах (их наблюдали на частотах от 40 до 2300 МГц) обнаружилось запаздывание импульса (до нескольких секунд) при переходе от одной частоты к более низкой, являющееся следствием рассеяния на ионизованных частицах межзвездной среды. При некоторых предположениях об электронной плотности среды по величине запаздывания можно оценить расстояния пульсаров от нас (от 0,3 до 60 кпк), а по расстоянию — мощность излучения, которая, например, у пульсара в Крабе достигает почти 10^{30} Вт (в тысячу раз больше мощности излучения Солнца).

В 1965 г. было сделано очень важное открытие, явившееся, наряду с расширением Вселенной и открытием квазаров, наблюдательной основой современной космологии. Речь идет об изотропном (т. е. с одинаковой интенсивностью со всех направлений) и непрерывном по частоте и постоянном во времени тепловом радиоизлучении, соответствующем температуре около 3 К, обнаруженном (в США) на волнах от 3 до 20 см и подтвержденном затем с Земли в диапазоне от 0,8 до 75 см (более короткие волны не пропускает атмосфера Земли) и со спутников в миллиметровом диапазоне.

По существующим предположениям об эволюции «горячей Вселенной» $1{,}3 \cdot 10^{10}$ лет назад она была более или менее однородной водородно-гелиевой плазмой, имела чрезвычайно высокую температуру и плотность (теория дает даже бесконечно большие значения, что заставляет считать неприменимыми в этих условиях известные нам законы физики). Вследствие расширения Вселенной температура первичного излучения к нашему времени упала до ~ 3 К ($-270\,^\circ$С). Радиоастрономы обнаружили это предсказанное теоретически 3 К-излучение, названное «реликтовым», или «космологическим».

§ 1.19. Происхождение и эволюция звезд

Проблема происхождения и развития звезд является одной из основных проблем современного естествознания. Разработке проблем звездной космогонии очень помогли исследования звезд, находящихся на поворотных этапах их развития — переменных звезд, новых звезд, горячих звезд-гигантов, которые расточительно расходуют свою энергию, звезд с яркими линиями в спектрах и т. д.

Основным достижением космогонии является установление очень важного факта: звезды образовались в Галактике не одновременно, процесс звездообразования происходит и в настоящее время. Это доказывается, в частности, существованием молодых звезд, молодых скоплений и звездных ассоциаций.

Анализируя совокупность данных о звездах, мы можем нарисовать в общих чертах следующую картину происхождения и развития звезд, по крайней мере звезд главной последовательности диаграммы «спектр—светимость» (п. 1.10.7).

Образование звезд происходит группами, состоящими из десятков и сотен звезд. Они возникают из вещества, которое вероятнее всего образовалось в результате длительного процесса конденсации газо-пылевого вещества. В газо-пылевом облаке образуется несколько сгущений. Газовое давление в них меньше сил взаимного притяжения частиц такого шара, в силу чего он сжимается и увеличивает свои плотность и температуру. Возникающие в Галактике, например, при взрывах сверхновых звезд, ударные волны способствуют уплотнению газо-пылевых сгустков.

Под действием гравитации такое облако, или сгусток, конденсируется еще больше, уменьшается его потенциальная энергия, часть ее переходит в тепловую, облако разогревается, превращаясь в звезду. Оно продолжает медленно сжиматься и разогревается до тех пор пока газовое давление не уравновесит давление внешних слоев звезды. При достижении в центральной области звезды температуры в несколько миллионов кельвинов начинаются *термоядерные реакции* синтеза — превращения водорода в гелий, которые сопровождаются освобождением небольшой доли внутриядерной энергии [34)]. В итоге в центральных областях звезды, где господствует температура в десятки миллионов кельвинов, генерируется энергия, поддерживающая излучение звезды в течение миллионов (самые массивные горячие звезды) и даже миллиардов лет (звезды типа Солнца).

Эволюция звезды, ее жизненный путь, зависит от двух важнейших характеристик — первоначальных массы и химического состава. Они определяют ее светимость и температуру поверхности. Между светимостью и спектрами или температурами звезд существует статистическая зависимость, выраженная диаграммой Герцшпрунга—Рассела или равнозначной ей диаграммой «цвет—абсолютная звездная величина». Теория звездной эволюции должна объяснить вид этой диаграммы и указать на ней пути изменения со временем положения звезд различного происхождения и возраста.

Большое значение имеет изучение диаграмм «цвет—абсолютная величина» для групп звезд (скопления, ассоциации), члены которых образовались более или менее одновременно.

Исследование внутреннего строения звезд и источников их энергии достигло большого успеха благодаря широкому использованию ЭВМ. Особое внимание было обращено на анализ такой схемы эволюции звезд, когда, образовавшись путем конденсации холодного газо-пылевого вещества, звезда сохраняет в дальнейшем постоянной свою массу (если не считать небольшого ее уменьшения за счет электромагнитного излучения), причем вещество звезды не подвергается перемешиванию и поэтому изменение химического состава происходит лишь в центральных областях, где водород «выгорает», превращаясь в гелий.

Таким образом, гравитационное (т. е. под действием собственного тяготения частиц друг к другу) сжатие первоначального газопылевого облака приводит к повышению температуры в центральной части облака и образованию там условий, благоприятных для возникновения термоядерных реакций. Звезда «выходит» на главную последовательность диаграммы Г—Р и тогда на длительное время устанавливается равновесие между противоположно направленными силой тяготения и силой газового давления. Температура, при которой прекратится сжатие звезды, зависит от первоначальной массы газо-пылевого сгустка. Чем больше эта масса, тем температура выше и тем больше энергии вырабатывается в недрах и излучается поверхностью. В этом находит объяснение зависимость «масса—светимость» (п. 1.10.11).

По современным представлениям, когда общая масса гелия, заменившего «выгоревший» водород в центральной области звезды, достигнет 7 % массы звезды (для звезды солнечной массы для этого понадобятся миллиарды лет, для звезды с массой 10 $\mathfrak{M}_\odot$ — около 10 млн лет), звезда покинет главную последовательность, медленно увеличит свою светимость (примерно на одну звездную величину)

[34)] Так, например, протон-протонная реакция превращения водорода в гелий $4\,^1H \rightarrow {}^4He$ сопровождается выделением 26 МэВ $\approx 4 \cdot 10^{-5}$ эрг энергии. В пересчете на 1 г вещества превращение 0,007 г в энергию дает $6{,}2 \cdot 10^{11}$ Дж. Чтобы получить столько тепла, надо сжечь около 200 т угля.

и на диаграмме «спектр—светимость» продвинется вверх и направо. Для массивных горячих звезд это требует лишь сотен тысяч лет.

После достижения указанного состояния ядро, лишенное прежних источников энергии, начнет сжиматься, температура его будет повышаться (до 10^8 К), а оболочка, наоборот, расширяться и охлаждаться. Энергия будет вырабатываться лишь в сравнительно тонком слое водорода, окружающем ядро.

После достижения определенной температуры (порядка сотен миллионов кельвинов) в ядре начнет действовать новый источник энергии — превращение трех ядер гелия в ядро углерода. Это иногда называют «выгоранием гелия» или «гелиевой вспышкой». Затем начнут «выгорать» углерод, кислород и более тяжелые элементы. Чем больше масса звезды, тем скорее происходит превращение ее в красный гигант. На диаграмме звезда будет быстро продвигаться слева направо; звезды больших масс — более или менее горизонтально, а звезды с массой, близкой к солнечной, — одновременно увеличивая светимость.

Результаты обширных машинных вычислений, основанных на такой схеме эволюции звезд, хорошо согласуются с наблюдениями и объясняют «населенность» различных частей диаграммы Герцшпрунга—Рассела. Эта схема эволюции объясняет также сходство пространственного распределения в Галактике и сходство

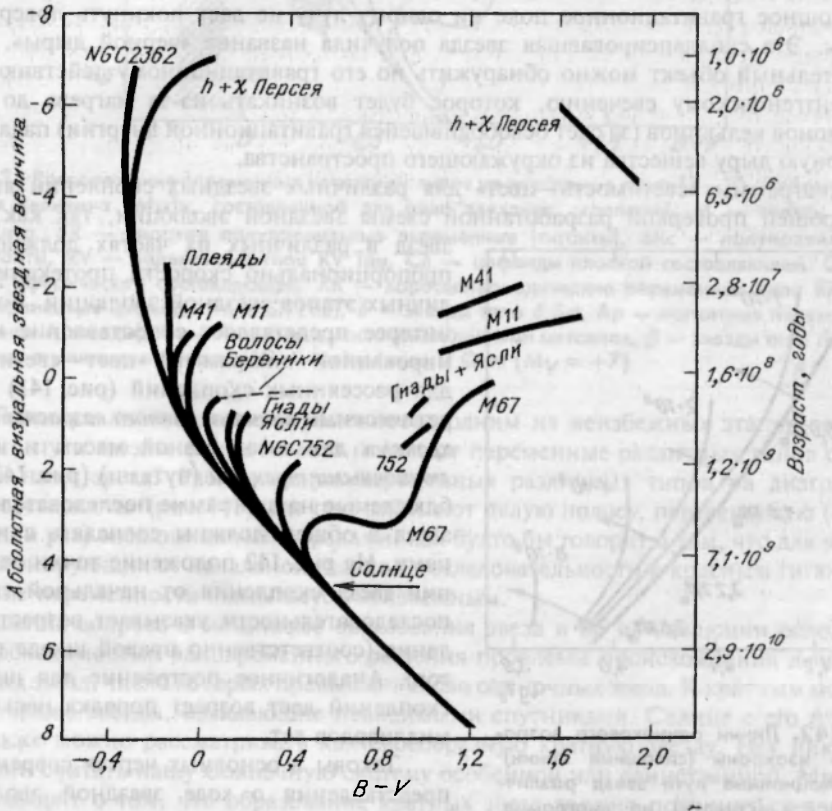


Рис. 141. Сводная диаграмма «цвет—светимость» для рассеянных скоплений от самых молодых (NGC 2362) до старых (M 67). Справа — шкала оценок возраста по месту отхода левых ветвей диаграммы от начальной главной последовательности (НГП)

характеристик движения (кинематических характеристик) звезд главной последовательности и поздних гигантов и сверхгигантов, а также некоторые другие наблюдаемые особенности.

Дальнейший «жизненный путь» звезды не столь ясен. Предположение о том, что последующее сжатие звезды, исчерпавшей весь запас ядерного топлива, быстро превращает ее в белый карлик диаметром в несколько тысяч километров, который, остывая очень медленно, постепенно затухает и переходит в разряд несветящихся тел, наталкивается на ту трудность, что белые карлики не могут иметь массу больше 1,2 солнечной («предел Чандрасекара»). Следовательно, чтобы стать белым карликом, звезда должна как-то избавиться от значительной доли своей массы. Каким путем? Если бы это происходило путем вспышки, подобной вспышкам сверхновых звезд, то тогда в нашей системе, да и в других галактиках, было бы гораздо больше вспышек сверхновых, чем их известно теперь. При массах от 1,4 до 3 $\mathfrak{M}_\odot$ звезда превращается в нейтронную звезду. Может быть, более массивная звезда, в которой «выгорело» все ядерное топливо, лишенная источников энергии, начинает неудержимо сжиматься под действием собственной гравитации (ей теперь не противостоит поток энергии из ядра) и в итоге этого *гравитационного коллапса* (от латинского collaps — спадание) переходит некоторую грань — так называемый *гравитационный радиус* $r_g = 2GM/c^2$. Тогда согласно эйнштейновской теории тяготения, нельзя будет увидеть звезду, так как мощное гравитационное поле ни одному лучу не даст покинуть поверхность звезды. Эта сколлапсировавшая звезда получила название «черной дыры». Такой удивительный объект можно обнаружить по его гравитационному действию, либо по рентгеновскому свечению, которое будет возникать из-за нагрева до сотен миллионов кельвинов (за счет освободившейся гравитационной энергии) падающего на черную дыру вещества из окружающего пространства.

Диаграммы «светимость—цвет» для различных звездных скоплений являются хорошей проверкой разработанной схемы звездной эволюции, так как число звезд в различных их частях должно быть пропорционально скорости протекания различных этапов звездной эволюции. Большой интерес представляет сопоставление комбинированной диаграммы «цвет—светимость» для рассеянных скоплений (рис. 141) с теоретическими *линиями равного возраста — изохронами* для звезд разной массы и их *эволюционными треками* (путями) (рис. 142). Наблюдаемые на диаграмме последовательности звезд в общем должны совпадать с изохронами. На рис. 142 положение точки отклонения звезд скопления от начальной главной последовательности указывает возраст скопления (соответственно правой шкале возрастов). Аналогичное построение для шаровых скоплений дает возраст порядка нескольких миллиардов лет.

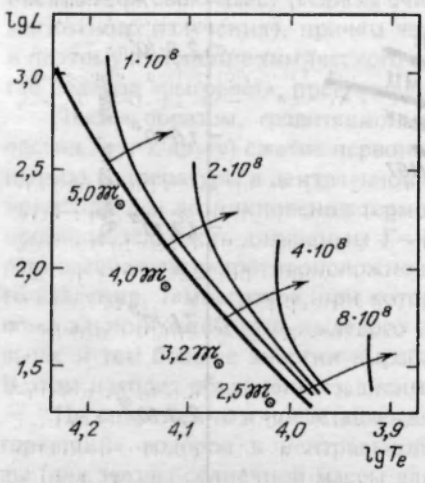


Рис. 142. Линии одинакового возраста — изохроны (сплошные линии) и эволюционные пути звезд различной массы (стрелки) на диаграмме «температура—светимость». Слева — главная последовательность нулевого возраста (НГП)

Таковы в основных чертах современные представления о ходе звездной эволюции. Много вопросов еще ждут своего разрешения, в частности вопрос о роли и значении явления звездной переменности в эволюции

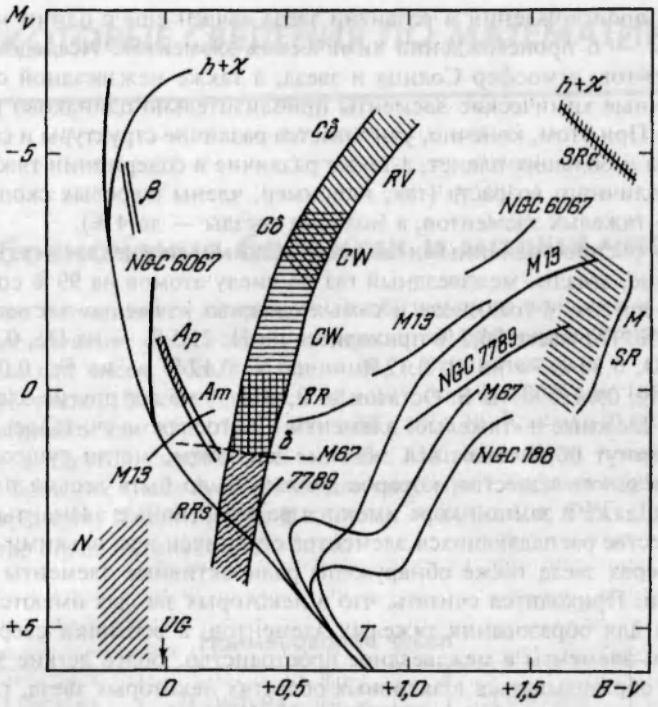


Рис. 143. Расположение переменных некоторых типов на диаграмме «цвет (B—V) — абсолютная звездная величина (M_V)», составленной для ряда звездных скоплений. M — звезды типа Миры Кита, SR — красные полуправильные переменные (гиганты), SRc — полуправильные сверхгиганты, RV — переменные типа RV Tau, Cδ — цефеиды плоской составляющей, CW — цефеиды сферической составляющей, RR — короткопериодические переменные типа RR Lyr, RRs — карликовые цефеиды (типа SX Phe), δ — звезды типа δ Sct, Ap — магнитные переменные (пекулярные A-звезды), Am — A-звезды с усиленными линиями металлов, β — звезды типа β CMa, N — новые в минимуме блеска, UG — звезды типа U Gem ($M_V = +7$)

звезд. Является ли состояние переменности одним из неизбежных этапов эволюционного пути звезды и какое место получают переменные различных типов среди «нормальных» звезд? Расположение переменных различных типов на диаграмме «цвет—светимость» (рис. 143), где они занимают целую полосу, пересекаемую (и даже не один раз) эволюционными треками, как будто бы говорит о том, что для звезд, эволюционирующих от начальной главной последовательности к красным гигантам, состояние переменности оказывается неизбежным.

Решение вопроса о механизме образования звезд и об их эволюции осложняется необходимостью одновременного решения проблемы происхождения двойных и кратных звезд, число которых превышает число одиночных звезд. К кратным можно отнести также звезды, обладающие невидимыми спутниками. Солнце с его планетами также можно рассматривать как своеобразную кратную звезду. Нет никаких оснований считать нашу Солнечную систему особенной или единственной. Многие факты говорят о том, что образование кратных звезд должно подчиняться тем же законам, что и образование одиночных звезд. В то же время, сама двойственность оказывает влияние на эволюцию звезд, что хорошо видно на примере новых звезд, звезд типа U Gem, многих тесных двойных и некоторых других типов двойных звезд.

Вопрос о происхождении и развитии звезд связан еще с одним не менее важным вопросом — о происхождении химических элементов. Исследования состава Земли, метеоритов, атмосфер Солнца и звезд, а также межзвездной среды показали, что различные химические элементы приблизительно одинаково распределены во Вселенной. При этом, конечно, учитывается различие структуры и состава планет земной группы и больших планет, а также различие в содержании тяжелых элементов у звезд различного возраста (так, например, члены шаровых скоплений имеют не более 0,3 % тяжелых элементов, а молодые звезды — до 4 %).

Наиболее распространенными являются самые легкие элементы — водород и гелий. Солнце, звезды, межзвездный газ по числу атомов на 99 % состоят из них. На долю всех других, в том числе и самых сложных «тяжелых элементов», приходится менее 1 %. По массе 76,5 % приходится на H, 21,5 % — на He, 0,3 % — на Ne, 0,82 % — на O, 0,34 % — на C, 0,12 % — на N, 0,12 % — на Fe, 0,07 % — на Si, 0,06 % — на Mg, 0,04 % — на S. Остаток — 0,13 % — на все другие элементы, в том числе и самые сложные и «тяжелые» элементы. Долгое время считалось, что условия, при которых могут образовываться тяжелые элементы, могли существовать лишь в некоем дозвездном веществе, которое должно было быть весьма плотным и горячим. Однако даже в земной коре имеются радиоактивные элементы, срок жизни которых в качестве распадающихся элементов ограничен несколькими миллиардами лет. В атмосферах звезд также обнаружены радиоактивные элементы с короткими сроками жизни. Приходится считать, что в некоторых звездах имеются (или создаются) условия для образования тяжелых элементов, а вспышки сверхновых звезд рассеивают эти элементы в межзвездное пространство. Более легкие элементы, вероятно, могут образовываться в активных областях некоторых звезд, где возникают сильные магнитные поля, вызывающие ускорение элементарных частиц вещества до громадных скоростей, способствующих превращению элементов. Усилия астрофизиков и физиков направлены на решение проблемы образования элементарных частиц и химических элементов.

Глава 2

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО МАТЕМАТИКЕ

§ 2.1. Обозначения больших и малых чисел

В науке широко используется сокращенное обозначение больших и малых чисел с помощью десятичных множителей, содержащих различные степени числа 10 (положительные для чисел, больших единицы, и отрицательные — для меньших). В этой системе число 100 обозначается как 10^2, число 1000 как 10^3; число 1580 может быть записано как $15{,}8 \cdot 10^2$ либо $1{,}58 \cdot 10^3$; 10^{-3} — это 0,001; $2 \cdot 10^{-4}$ — это 0,0002 и т. д. Другой способ ясен из табл. XIX, в которой показано, что для наименования больших чисел существует две системы. I система принята в странах СНГ, США, Франции, Италии и др., II система — в Англии, ФРГ, Дании, Польше и в большинстве стран Латинской Америки.

Таблица XIX

Наименование чисел

Сокращ. обознач.	I система	II система	Сокращ. обознач.	I система	II система
10^6	Миллион	Миллион	10^{21}	Секстиллион	Триллиард
10^9	Биллион (миллиард)	Миллиард	10^{24}	Септиллион	Квадриллион
10^{12}	Триллион	Биллион	10^{27}	Октиллион	Квадриллиард
10^{15}	Квадриллион	Биллиард	10^{30}	Нониллион	Квинтиллион
10^{18}	Квинтиллион	Триллион	10^{33}	Дециллион	Квинтиллиард
			10^{36}		Секстиллион

Таблица XX

Множители, приставки и их наименования

Дольные единицы	Обозначение		Кратные единицы	Обозначение	
	русск.	между-народн.		русск.	между-народн.
10^{-1} деци	д	d	10^1 дека	да	da
10^{-2} санти (центи)	с	c	10^2 гекто	г	h
10^{-3} милли	м	m	10^3 кило	к	K
10^{-6} микро	мк	μ	10^6 мега (мег)	М	M
10^{-9} нано	н	n	10^9 гига	Г	G
10^{-12} пико	п	p	10^{12} тера	Т	T
10^{-15} фемто	ф	f	10^{15} пета	П	P
10^{-18} атто	а	a	10^{18} экса	Э	E

Примеры: нанометр (нм), микрофарад (мкФ), мегапарсек (Мпк), мегаом (МОм).

Употребительна также система обозначения больших и малых величин путем использования греческих слов в качестве приставок к названиям различных единиц (табл. XX).

§ 2.2. Измерение углов

Угол между двумя направлениями в пространстве можно измерить дугой окружности с центром в вершине угла. Обычно окружность делится на 360 частей, именуемых *градусами* (360°), градус делится на 60 *минут* (60′), минута — на 60 *секунд* (60″). Деление окружности на 360 частей имеет астрономическое происхождение: еще в древности было замечено, что Солнце в сутки проходит среди звезд примерно 1/360 часть окружности. Всю окружность принято делить на четыре *квадранта*. Угол от 0 до 90° находится в первом квадранте, от 90 до 180° — во втором и т. д. Иногда окружность делят на 400 частей, именуемых *градами* (обозн. 1^g; $10^g = 9°$); вместо минут и секунд дуги в этом случае употребляют десятые и сотые доли града. Таким образом десятичную систему распространяют на измерение углов.

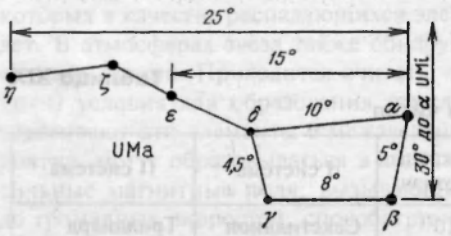


Рис. 144. Угловые расстояния между звездами ковша Большой Медведицы

Полезно попрактиковаться в оценках угловых расстояний на небесной сфере, пользуясь приводимыми ниже соотношениями, а также всегда видимым на ясном ночном небе ковшом Большой Медведицы (рис. 144). Вытянутый к небу кулак у каждого пропорционально сложенного человека закрывает дугу в ~10°, растопыренная вытянутая к небу рука от кончика большого пальца до кончика мизинца охватывает дугу ~20°; указательный палец имеет ширину 1°.

Вообще же, при измерении углов имеет значение не сама дуга окружности, а ее отношение к длине всей окружности. Отношение длины окружности к ее диаметру обозначается π и выражается бесконечной десятичной дробью:

$$\pi = 3{,}141592653589793\ldots .$$

«Отвлеченная мера» угла определяет угол соответствующей ему дугой окружности, деленной на ее радиус. В этой мере угол, соответствующий полной окружности, т. е. 360° будет равен $2\pi R/R = 2\pi$. Угол в 180° выразится числом π, угол в 1° — числом $2\pi/360 = 0{,}0174533\ldots$, приблизительно равным 1/57,3. Угол в 57,3° стягивается дугой, равной радиусу. Отсюда происходит название этого угла — *радиан*, а отвлеченная мера углов часто называется *радианной*.

Поперечник объекта, который виден под углом в 1°, в 57,3 раза меньше отделяющего нас от него расстояния. Углам в 1′ и 1″ соответствует 1/3438 и 1/206 265 части расстояния. Табл. 85 дает переход от угловой к радианной мере. Обратный переход совершается умножением на 57,3°, либо на 3438′, либо на 206 265″, чтобы выразить угол в градусах, либо в минутах, либо в секундах дуги.

В астрономии весьма употребительно выражение углов в часовой мере. Этот счет углов связан с тем, что угол поворота вращающейся Земли пропорционален протекшему времени. Угол в 360° будет выражаться углом в 24^h, $15° = 1^h$, $1° = 4^m$ и т. д.

§ 2.3. Элементы сферической тригонометрии

Плоскость, проходящая через центр сферы, пересекает ее по *большому кругу*; всякая иная секущая плоскость дает в пересечении *малый круг*. Два больших круга пересекаются в двух диаметрально противоположных точках, которые делят круги пополам. Точки на сфере, равноотстоящие от всех точек большого круга, называются *полюсами* этого большого круга. Они лежат на расстоянии 90° от большого круга на концах диаметра. Три точки сферы, не лежащие на одном большом круге и соединенные дугами больших кругов, образуют *сферический треугольник*. Рассматриваются сферические треугольники, у которых стороны и углы меньше 180° (треугольники Эйлера). Сумма сторон будет больше 360°. Сумма углов такого треугольники всегда больше 180°, но меньше 540°. При очень малых размерах сферического треугольника можно пользоваться формулами плоской тригонометрии, а сумму углов считать равной 180°.

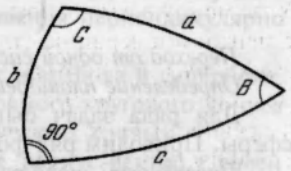


Рис. 145. Прямоугольный сферический треугольник

Ниже приводятся *основные* формулы, из которых легко получить выражения интересующих нас неизвестных элементов сферического треугольника через известные.

а) Прямоугольный сферический треугольник (рис. 145).

$$\begin{cases} \cos a = \cos b \cos c, \quad \sin B = \dfrac{\sin b}{\sin a}, \quad \sin C = \dfrac{\sin c}{\sin a}, \\ \cos a = \operatorname{ctg} B \operatorname{ctg} C, \quad \cos B = \dfrac{\operatorname{tg} c}{\operatorname{tg} a}, \quad \cos C = \dfrac{\operatorname{tg} b}{\operatorname{tg} a}, \\ \cos b = \dfrac{\cos B}{\sin C}, \quad \operatorname{tg} B = \dfrac{\operatorname{tg} b}{\sin c}, \\ \cos c = \dfrac{\cos C}{\sin B}, \quad \operatorname{tg} C = \dfrac{\operatorname{tg} c}{\sin b}. \end{cases} \tag{26}$$

б) Косоугольный сферический треугольник (рис. 146).

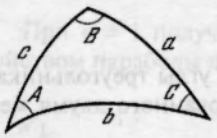


Рис. 146. Косоугольный сферический треугольник

Формулы синусов:

$$\frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\sin A}{\sin B}, \quad \frac{\sin b}{\sin c} = \frac{\sin B}{\sin C}, \quad \frac{\sin c}{\sin a} = \frac{\sin C}{\sin A}, \tag{27}$$

формулы косинусов:

$$\begin{cases} \cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A, \\ \cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B, \\ \cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C, \end{cases} \tag{28}$$

формулы четырех элементов (две стороны и два угла):

$$\begin{cases} \cos c \cos A = \sin c \operatorname{ctg} b - \operatorname{ctg} B \sin A, \\ \cos a \cos B = \sin a \operatorname{ctg} c - \operatorname{ctg} C \sin B, \\ \cos b \cos A = \sin b \operatorname{ctg} c - \operatorname{ctg} C \sin A, \\ \cos b \cos C = \sin b \operatorname{ctg} a - \operatorname{ctg} A \sin C, \\ \cos c \cos B = \sin c \operatorname{ctg} a - \operatorname{ctg} A \sin B, \\ \cos a \cos C = \sin a \operatorname{ctg} b - \operatorname{ctg} B \sin C. \end{cases} \tag{29}$$

формулы пяти элементов (три стороны и два угла):

$$\begin{cases} \sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A, \\ \sin a \cos C = \cos c \sin b - \sin c \cos b \cos A, \\ \sin b \cos A = \cos a \sin c - \sin a \cos c \cos B, \\ \sin b \cos C = \cos c \sin a - \sin c \cos a \cos B, \\ \sin c \cos A = \cos a \sin b - \sin a \cos b \cos C, \\ \sin c \cos B = \cos b \sin a - \sin b \cos a \cos C. \end{cases} \quad (30)$$

Переход от одной системы астрономических координат к другой см. п. 3.1.2.

Определение площадей частей сферы и расстояний на сфере.

Для ряда задач бывает необходимо определить площади различных частей сферы. Приводим ряд формул.

Поверхность шара радиуса r равна $4\pi r^2$ или $4\pi(360^\circ/2\pi)^2 = 41\,253$ кв. градуса.

Поверхность шарового сегмента (например, площадь полярной шапки, отсекаемой параллелью с широтой φ): $2\pi r^2(1 - \sin\varphi)$ или $20\,626(1 - \sin\varphi)$ кв. градусов.

Поверхность шарового пояса между параллелями с широтами φ_1 и $20\,626(\sin\varphi_2 - \sin\varphi_1)$ кв. градусов.

Поверхность, ограниченная двумя параллелями с широтами φ_1 и φ_2 и двумя меридианами, образующими разность долгот $\Delta\lambda^\circ$, т. е. *площадь трапеции на сфере*

$$S = 57{,}296^\circ \cdot \Delta\lambda^\circ(\sin\varphi_2 - \sin\varphi_1).$$

Площадь сферического треугольника

$$S = \frac{\hat{\varepsilon}}{180}\pi r^2 = r^2\varepsilon^\circ \sin 1^\circ,$$

где r — радиус сферы, ε° — *сферический избыток*: $\varepsilon^\circ = A + B + C - 180^\circ$, или

$$\sin\frac{\varepsilon}{2} = \frac{\sin\frac{a}{2}\cdot\sin\frac{b}{2}}{\cos\frac{c}{2}}\sin C,$$

или

$$\operatorname{tg}\frac{\varepsilon}{4} = \sqrt{\operatorname{tg}\frac{p}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{p-a}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{p-b}{2}\cdot\operatorname{tg}\frac{p-c}{2}},$$

где p — периметр, a, b, c — стороны треугольника, A, B, C — углы треугольника.

Площадь сферического двухсторонника (двуугольника, образованного двумя меридианами от полюса до полюса)

$$S = \frac{\pi r^2 A^\circ}{90^\circ},$$

где A° — разность долгот меридианов.

Угловое расстояние x° на поверхности сферы между двумя точками с координатами λ_1, φ_1 и λ_2, φ_2 определяется из соотношения [1]

$$\cos(x^\circ) = \sin\varphi_1 \sin\varphi_2 + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1).$$

Линейное расстояние x на поверхности сферы радиуса r по угловому расстоянию $\hat{x}$:

$$x = \hat{x}\, r \sin 1^\circ = \frac{x^\circ r}{57{,}3^\circ}.$$

[1] С благодарностью автор использует простую формулу, предложенную читателем В. Бутенко.

§ 2.4. Конические сечения

В астрономии используется уравнение конического сечения в полярных координатах r и v относительно начала, совпадающего с фокусом,

$$r = \frac{p}{1 + e\cos v}, \tag{31}$$

где r — радиус-вектор, p — параметр, e — эксцентриситет. Геометрически p есть половина хорды, проведенной через фокус конического сечения перпендикулярно к главной оси (рис. 147–149).

К коническим сечениям относятся окружность, эллипс, парабола и гипербола. Свое общее название они получили от того, что сечение прямого кругового конуса плоскостью, по-разному наклоненной к его оси, дает одну из этих кривых.

У *окружности* все ее точки равноудалены от центра, т. е. радиус-вектор r равен постоянной величине, а эксцентриситет $e = 0$.

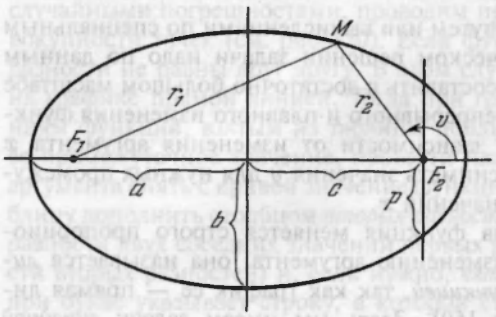


Рис. 147. Эллипс

У *эллипса* (рис. 147) сумма расстояний любой его точки от двух внутренних точек F_1 и F_2, называемых *фокусами*, остается величиной постоянной и равной *большой оси* эллипса:

$$MF_1 + MF_2 = 2a.$$

Степень вытянутости эллипса характеризуется величиной *эксцентриситета*

$$e = \frac{c}{a} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}, \tag{32}$$

т. е. отношением расстояния фокуса от центра эллипса c к большой его полуоси a. Эксцентриситет эллипса всегда больше нуля, но меньше единицы. Зная эксцентриситет эллипса и его большую полуось, можно определить малую полуось эллипса по формуле

$$b = a\sqrt{1 - e^2}. \tag{33}$$

При $e = 1$ получаем незамкнутую кривую — *параболу* (рис. 148). Характерным свойством параболы является постоянное равенство расстояний любой точки кривой от фокуса и от неподвижной прямой AA' (не проходящей через фокус), называемой *директрисой*:

$$MB = MF.$$

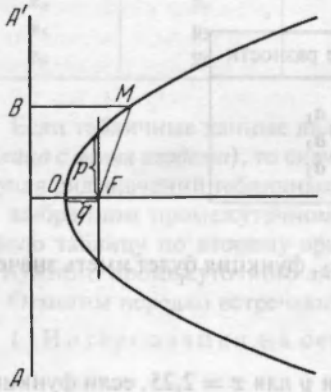


Рис. 148. Парабола

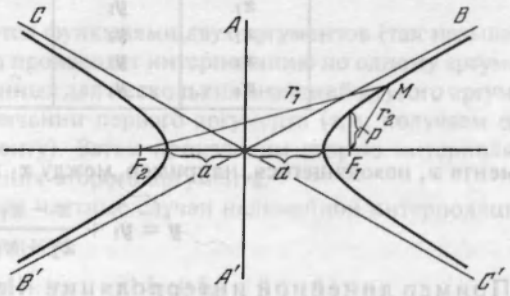


Рис. 149. Гипербола

Точка O называется *вершиной параболы*: OF есть *перигельное расстояние* q. Параметр параболы $p = 2q$.

Гипербола (рис. 149) — незамкнутая кривая (состоящая из двух отдельных ветвей) с эксцентриситетом $e > 1$. У гиперболы разность расстояний любой ее точки от двух фокусов — величина постоянная: $F_2M - MF_1 = 2a$. Параметр гиперболы $p = a(e^2 - 1)$. Прямые BB' и CC', симметричные относительно оси гиперболы F_1F_2, называются ее *асимптотами*.

§ 2.5. Интерполяция и экстраполяция

При пользовании числовыми таблицами, выражающими зависимость одной величины (*функции*) от другой (*аргумента*), часто приходится находить значения функции, соответствующие промежуточным значениям аргумента, — производить *интерполяцию*.

Ее можно производить графическим путем или вычислениями по специальным *интерполяционным формулам*. При графическом решении задачи надо по данным таблицы составить в достаточно большом масштабе график непрерывного и плавного изменения функции y в зависимости от изменения аргумента x и с него снимать значения y для нужных промежуточных значений x.

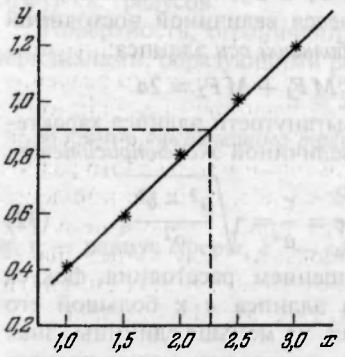


Рис. 150. Пример графической интерполяции

Когда функция меняется строго пропорционально изменению аргумента, она называется *линейной функцией*, так как график ее — прямая линия (рис. 150). Здесь мы имеем задачу *линейной интерполяции*, которая легко решается путем составления простой пропорции.

Чтобы удостовериться в том, что y представляет собой линейную функцию x, надо составить столбец разностей первого порядка или, иначе, *первых разностей* a_i значений функции для соседних равноотстоящих значений аргумента (т. е. при *постоянном шаге*) и убедиться в том, что все они являются приблизительно одинаковыми. Среднее значение ее $\bar{a} = \frac{1}{n}\sum a_i$. Тогда для некоторого значения

Аргумент	Функция	Первые разности
x_1	y_1	a_1
x_2	y_2	a_2
x_3	y_3	a_3
x_4	y_4	

аргумента x, находящегося, например, между x_1 и x_2, функция будет иметь значение

$$y = y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}\bar{a}. \qquad (34)$$

Пример линейной интерполяции. Найти y для $x = 2{,}25$, если функция y от аргумента x дана следующей таблицей:

x	y	a
1,0	0,41	
1,5	0,59	0,18
2,0	0,81	0,22
2,5	1,01	0,20
3,0	1,20	0,19
Среднее 0,20		

Решение: $y(2{,}25) = y(2{,}00) + \dfrac{2{,}25 - 2{,}00}{2.50 - 2.00} 0{,}20 = 0{,}81 + 0{,}5 \cdot 0{,}20 = 0{,}91.$

По всем значениям y, которые получались из наблюдений с некоторыми случайными погрешностями, проводим прямую, лучше всего удовлетворяющую совокупности точек (см. рис. 150). Если функция меняется неравномерно, то первые разности не равны друг другу. В этом случае функция не может быть представлена на графике прямой линией. Тогда при графическом решении надо по всем значениям функции, взятым из таблицы поблизости от того места, где нужно получить ее промежуточное значение, провести плавную кривую и для требуемого значения аргумента снять с кривой значение функции. Для вычислительного решения надо таблицу дополнить столбцом *вторых разностей* b_1, b_2, b_3 и т. д., представляющих собой разности двух соседних значений первых разностей, столбцами *третьих* (это разности вторых разностей) и, если нужно, *четвертых разностей* и т. д. Число в индексе при букве указывает строку, в которой стоит разность, а прибавление к нему 1/2 указывает, что она стоит между соответственными строками. Полученные значения разностей подставляют в одну из интерполяционных формул (о них см. книги по математической обработке наблюдений, либо гл. 6 ПЧАК. М.: Наука, 1981).

Аргумент	Функция	Первые разности	Вторые разности	Третьи разности	Четвертые разности
x_1	y_1				
		$a_{1+1/2}$			
x_2	y_2		b_2		
		$a_{2+1/2}$		$c_{2+1/2}$	
x_3	y_3		b_3		d_3
		$a_{3+1/2}$		$c_{3+1/2}$	
x_4	y_4		b_4		d_4
		$a_{4+1/2}$		$c_{4+1/2}$	
x_5	y_5		b_5		
		$a_{5+1/2}$			
x_6	y_6				

Если табличные данные являются функциями двух аргументов (так называемая *таблица с двумя входами*), то сначала производят интерполяцию по одному аргументу, получая ряд значений табличных данных для нескольких значений другого аргумента при выбранном промежуточном значении первого аргумента (т. е. получаем одномерную таблицу по второму аргументу). Затем производим вторую интерполяцию для нужного промежуточного значения второго аргумента.

Отметим нередко встречающиеся частные случаи нелинейной интерполяции:

1. Интерполяция на середину:

$$y_{i+1/2} = \frac{y_i + y_{i+1}}{2} - \frac{1}{8}\frac{b_i + b_{i+1}}{2}. \qquad (35)$$

2. Интерполяция на треть:

$$y_{i+1/3} = y_i + \frac{1}{3}a_i - \frac{1}{9}\frac{b_i + b_{i+1}}{2}. \quad (36)$$

3. Интерполяция на две трети:

$$y_{i+2/3} = y_i + \frac{2}{3}a_i - \frac{1}{9}\frac{b_i + b_{i+1}}{2}. \quad (37)$$

При этом значения a_i вычисляются как средние арифметические двух соседних разностей того же столбца:

$$a_i = \frac{a_{i-1/2} + a_{i+1/2}}{2}.$$

Экстраполяция — нахождение значения функции для аргумента, находящегося за пределами таблицы, — представляет собой задачу, требующую особой осторожности. Во всех случаях экстраполяция дает лишь приближенные значения. Не следует далеко выходить за пределы имеющихся в таблице значений. Лучше всего представить функцию графиком и, руководствуясь характером ее изменения, снимать нужные значения прямо с графика. Так, например, приходится поступать в случае экстраполяции хода часов для предвычисления поправки часов (см. рис. 217).

§ 2.6. О погрешностях наблюдений

При измерении любых величин неизбежны *погрешности измерений*. Рациональным устройством измерительных приборов и продуманной методикой измерений надо стремиться устранить или уменьшить влияние причин, вызывающих *систематические погрешности*, либо изучить их, чтобы учесть при обработке результатов измерений. Пример: зенитное расстояние звезды и ее часовой угол связаны строгим соотношением; можно вычислить совершенно точно, каковы должны быть зенитные расстояния звезды при различных часовых углах. Однако если бы мы захотели проверить это соотношение, измерив большой ряд зенитных расстояний для различных значений t, то убедились бы, что все измеренные зенитные расстояния меньше вычисленных, причем различие между ними возрастает с величиной самого зенитного расстояния. Причиной этой систематической погрешности является *рефракция* в земной атмосфере. Учтя рефракцию, т. е. придав необходимую поправку каждому измеренному значению z, мы найдем, что и теперь измерения не совпадают точно с вычислениями, причем измеренные значения то больше, то меньше вычисленных, а большие отклонения встречаются реже, чем малые. Это *случайные погрешности*. Причина каждой такой погрешности не поддается строгому учету, но случайные погрешности подчиняются законам, которые дают возможность из нескольких измерений получить более надежный результат, чем из одного измерения, и оценить точность этого результата. Теория случайных ошибок показывает, что при достаточно большом числе отдельных *равноточных* измерений наиболее вероятный результат x_N равен *среднему арифметическому* из всех измерений:

$$x_N = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i = \bar{x}. \quad (38)$$

Для оценки точности измерений может служить *средняя абсолютная погрешность*, равная среднему арифметическому из абсолютных величин отклонений отдельных

измерений от среднего $|x_i - x_i| = |\Delta_i|$, которые часто называют *остаточными уклонениями*, т. е.

$$\varepsilon_N = \frac{\sum |\Delta_i|}{n}. \tag{39}$$

Отношение $\varepsilon_N/\bar{x}$ называется *средней относительной погрешностью* и может быть выражено в процентах.

Примечание. Если n невелико, лучше пользоваться более строгой формулой

$$\varepsilon_N = \frac{\sum |\Delta_i|}{\sqrt{n(n-1)}}. \tag{40}$$

Окончательный результат определения среднего арифметического значения можно записать в форме

$$\bar{x} \pm \varepsilon_N.$$

Пример. $10{,}54 \pm 0{,}32$ (средняя погрешность).

Часто погрешность среднего арифметического характеризуют величиной *средней квадратической погрешности* (по-английски standard deviation) результата, которую вычисляют по отклонениям Δ_i каждого измерения от среднего арифметического по следующей формуле:

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \ldots + \Delta_n^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n(n-1)}}. \tag{41}$$

Средняя погрешность ε_N и средняя квадратическая погрешность σ_N при достаточно большом числе n связаны между собой соотношением

$$\varepsilon_N = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\sigma_N = 0{,}7979\sigma_N, \tag{42}$$

Характеристикой погрешности среднего результата может служить его *вероятная погрешность* σ_p (по-английски probable error); это такая величина погрешности, при которой число меньших погрешностей равно числу больших:

$$\begin{cases} \sigma_p = 0{,}67449\sigma_N \approx \dfrac{2}{3}\sigma_N, \\ \sigma_p = 0{,}84535\varepsilon_N. \end{cases} \tag{43}$$

Можно оценить также среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения

$$s_N = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum \Delta_i^2}, \tag{44}$$

либо его вероятную погрешность

$$s_p = 0{,}67449 s_N.$$

Хотя теория случайных ошибок требует большого числа измерений, ее правила часто применяют и к небольшому числу измерений, так как и в этом случае они дают лучшие результаты и приближенное представление о точности измерений.

Если отдельные наблюдения неравноценны по точности — *неравноточны*, то при вычислении среднего каждое отдельное значение x_i, полученное из измерений,

умножается на *вес* p_i, выраженный в какой-нибудь шкале (чем точнее измерение, тем больше его вес), а сумма произведений $x_i p_i$ делится на сумму всех весов

$$x_N = \frac{\sum x_i p_i}{\sum p_i} = \bar{x}. \tag{45}$$

Можно оценить относительную погрешность самой средней квадратической погрешности по формуле

$$\Delta\sigma_N = \frac{\sigma_N}{\sqrt{2n}}, \tag{46}$$

где n — число измерений, вошедших в определение σ_N. Таким образом, при четырех измерениях $\Delta\sigma_N$ составляет около 35 % величины σ_N. при $n = 50$ погрешность в определении σ_N составляет примерно 1/10 величины σ_N.

Среднее арифметическое определяется тем, что, во-первых, сумма отклонений от него близка к нулю, а во-вторых, сумма квадратов уклонений от него отдельных измерений должна быть наименьшей. Следовательно, если взять ряд значений измеряемой величины, близких к предполагаемому наивероятнейшему ее значению, и составить для каждого значения суммы квадратов уклонений отдельных измерений, то наименьшая сумма будет соответствовать искомому наивероятнейшему значению измеряемой величины. На этом свойстве основан разработанный Гауссом *способ наименьших квадратов* (§ 2.9).

§ 2.7. О представлении распределения гауссовой кривой

Желая получить наиболее вероятное значение какой-либо величины (например, длины предмета) из многократных ее измерений, или желая оценить общую картину отклонений отдельных значений какой-либо величины от некоего среднего, либо, наконец, выяснить картину распределения численностей различных значений одной какой-либо характеристики как функцию этой характеристики, можно сделать сравнение с соответствующей данному случаю *кривой нормального распределения* (*гауссовой кривой*).

Закон нормального распределения можно записать в виде

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right), \tag{47}$$

где $\bar{x}$ — наиболее вероятное значение x определяется по положению максимума *кривой Гаусса*, а σ — среднее квадратическое отклонение — по положению точек перегиба этой кривой (рис. 151), σ^2 — *дисперсия* этого нормального распределения.

Гауссова кривая описывает стандартную картину отклонений измеряемой величины от среднего — отклонений, происходящих от одних только случайных погрешностей.

Пусть имеется N значений какой-либо величины x. Возьмем ряд равноотстоящих значений этой величины x_i. Каждому из них будет соответствовать число n_i встречаемости значения x_i в ряду значений x. Очевидно, $n_1+n_2+n_3+\ldots+n_m = N$. Теперь сравним распределение чисел n_i по x с нормальным распределением. Тогда мы получим наивероятнейшее значение $\bar{x}$ величины x и характеристику точности ее определения из наших N измерений. Положение максимума кривой Гаусса даст наивероятнейшее значение $\bar{x}$ измеренной величины, а точки перегиба дадут

характеристику точности — среднюю квадратическую погрешность σ (*дисперсией* называют величину σ^2). Нормальный закон распределения случайных погрешностей дает 68 % измерений, которые отличаются от наивероятнейшего значения x меньше, чем на σ, 95,4 % отличаются меньше, чем на 2σ, и 99,73 % — меньше, чем на 3σ. Часто пользуются *«правилом трех сигм»* для исключения из рассмотрения таких измерений, которые можно отбросить как грубо ошибочные, так как их отклонения от $\bar{x}$ превосходят 3σ. Получив x и σ и отбросив все значения, выходящие за пределы 3σ, повторяют описанное выше определение для получения окончательных значений x и σ. Вычисления ведутся по следующей схеме (римские цифры обозначают порядок записи и вычислений):

I	II	III	IV	VII	VIII	IX	X	XI
x_1	n_1	x_1n_1	$x_1^2n_1$	x_1-x	$(x_1-\bar{x})\frac{1}{\sigma}=\xi_1$	$\varphi(\xi_1)$	n'_1	$n_1-n'_1$
x_2	n_2	x_2n_2	$x_2^2n_2$	x_2-x	$(x_2-\bar{x})\frac{1}{\sigma}=\xi_2$	$\varphi(\xi_2)$	n'_2	$n_2-n'_2$
x_3	n_3	x_3n_3	$x_3^2n_3$	$x_3-\bar{x}$	$(x_3-\bar{x})\frac{1}{\sigma}=\xi_3$	$\varphi(\xi_3)$	n'_3	$n_3-n'_3$
...	...	...	...	...	...	...	...	...
x_m	n_m	x_mn_m	$x_m^2n_m$	x_m-x	$(x_m-\bar{x})\frac{1}{\sigma}=\xi_m$	$\varphi(\xi_m)$	n'_m	$n_m-n'_m$
	$\sum n_i=N$	$\sum x_in_i$	$\sum x_m^2n_m$					
V		VI						Контроль: $\sum(n_i-n'_i)\approx0$
$\frac{1}{N}\sum x_in_i=\bar{x}$		$\frac{1}{N}\sum x_i^2n_i-\bar{x}^2=\sigma^2$						

Величина $\varphi(\xi_i)$ — *частота в нормальном распределении* — вычисляется по формуле

$$\varphi(\xi)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\xi^2/2}. \tag{48}$$

Величина n'_i вычисляется по формуле

$$n'_i=\varphi(\xi_i)\frac{N}{\sigma}\Delta x, \tag{49}$$

где Δx — принятый интервал значений x. При близости исследуемого распределения к нормальному сумма уклонений $\sum(n_i-n'_i)$ должна быть близка к нулю.

На рис. 151 представлен пример обработки 575 фотометрических измерений одной звезды постоянного блеска. Весь интервал полученных оценок был разбит на 17 участков по $0{,}05^m$ каждый. Было подсчитано число оценок, приходящееся на каждый такой интервал. По приведенной выше схеме вычислены величины $\bar{x}=5{,}9897^m$, $\sigma=0{,}0938^m$, а также точки теоретической кривой Гаусса, которая лучше всего представляет распределение экспериментальных данных (изображенных кружками). Точка C соответствует $\bar{x}$ (это вершина кривой Гаусса), точки B и D отстоят от C на величину σ (считая вдоль оси x) и соответствуют точкам перегиба нормальной кривой; их ординаты составляют 0,61 ординаты максимума гауссовой кривой. Видно, что полученные из наблюдений оценки хорошо удовлетворяются гауссовой кривой и не обнаруживают каких-либо систематических погрешностей.

Иногда природа изучаемого явления такова, что нормальному закону подчиняются не сами величины, а их логарифмы. Тогда наиболее вероятным значением измеряемой величины будет не среднее арифметическое, а *среднее геометрическое*

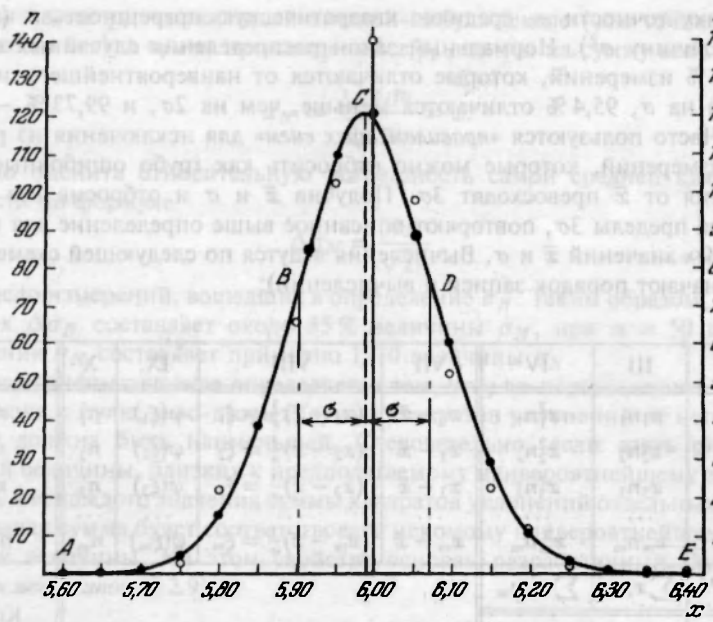


Рис. 151. Представление наблюдений (светлые кружки) гауссовой кривой (черные кружки)

измеренных величин, т. е.

$$\bar{x} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \ldots \cdot x_n}. \tag{50}$$

Существуют и другие типы распределения погрешностей, описания которых даны в специальных руководствах.

§ 2.8. Корреляция

При обработке результатов наблюдений часто приходится иметь дело не с точной функциональной зависимостью между какими-либо двумя величинами, а с их *корреляционной зависимостью*, т. е. зависимостью, осуществляемой с определенной степенью вероятности. Степень взаимозависимости двух (в более сложных случаях — трех или нескольких) изменяющихся величин x и y выражается *коэффициентом корреляции* r, который ограничен пределами $1 \geqslant r \geqslant -1$; при знаке плюс говорят о прямой корреляции, при знаке минус — об обратной. Значение $|r|$ определяет степень приближения корреляционной зависимости к функциональной, т. е. точной.

Коэффициент корреляции вычисляется по формуле

$$r = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y}, \tag{51}$$

где дисперсии σ_x^2 и σ_y^2 определяются формулами

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{n}\sum_1^n (y_i - \bar{y})^2,$$

$\bar{x}$ и $\bar{y}$ — средние значения x и y. Погрешность определения r равна

$$\sigma_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}. \quad (52)$$

При $r = \pm 1$ получаем $y = (\pm\sigma_y/\sigma_x)x$, т. е. прямую или обратную *линейную зависимость*.

При r, близком к единице, зависимость, как говорят, весьма *тесная*; σ_r будет малой, и одна величина будет достаточно уверенно определяться по другой. При n от 20 до 30 можно говорить о наличии корреляционной зависимости, если $r > 0{,}5$. При r от 0,3 до 0,5 только при малых значениях погрешности σ_r (т. е. при большом числе n) можно говорить о слабой корреляционной зависимости между рассматриваемыми величинами. При $r < 0{,}1$ с уверенностью можно говорить о зависимости, если $r/\sigma_r \geqslant 4$, что требует очень больших n.

§ 2.9. Способ наименьших квадратов

Случай двух неизвестных. Как сказано выше, для отыскания наивероятнейшего значения многократно измеренной величины надо определить наименьшую сумму квадратов отклонений отдельных измерений от ряда предполагаемых средних значений искомой величины.

Условными уравнениями способа наименьших квадратов называются уравнения вида

$$a_i x + b_i y = l_i,$$

в которых величины l_i получаются из наблюдений (с их неизбежными случайными погрешностями), a_i и b_i — известные числа, различные для разных уравнений, x и y — неизвестные, подлежащие определению. Уравнений больше (обычно много больше), чем неизвестных. Отыскиваются наивероятнейшие значения x и y, которые удовлетворяли бы совокупности условных уравнений наилучшим образом. Обозначим эти значения ξ и η. Если подставить их в какое-нибудь уравнение, то получим выражение $a_i\xi + b_i\eta - l_i = \Delta_i$, где Δ_i — небольшая величина, называемая *остаточным уклонением*. Величины ξ и η получим, если удовлетворяется требование, чтобы $\sum \Delta_i^2 = \min$[2], т. е. чтобы сумма квадратов остаточных уклонений была минимальной. Это требование будет выполнено, если удовлетворяются следующие два условия:

$$\xi \sum a_i^2 + \eta \sum a_i b_i - \sum a_i l_i = 0,$$
$$\xi \sum a_i b_i + \eta \sum b_i^2 - \sum b_i l_i = 0.$$

$\sum a_i b_i$ означает сумму произведений $a_1 b_1$, $\sum b_i l_i$ — сумму произведений $b_i l_i$ и т. д. К. Ф. Гаусс предложил удобную форму обозначений членов этой системы *нормальных уравнений*:

$$[aa]x + [ab]y = [al],$$
$$[ba]x + [bb]y = [bl],$$

где искомые неизвестные вновь обозначены x и y, а квадратные скобки обозначают соответствующие суммы произведений. В случае большего числа неизвестных число

[2] Это так называемый *принцип Лежандра*.

нормальных уравнений будет равно числу неизвестных. Система нормальных уравнений решается способом последовательного исключения по следующей схеме. Из первого уравнения, деля все его члены на $[aa]$, получают

$$x + \frac{[ab]}{[aa]}y = \frac{[al]}{[aa]}. \tag{53}$$

Это — *первое уравнение исключения*. Умножают это уравнение на $[ab]$ и вычитают его из второго нормального уравнения:

$$[ba]x + [bb]y = [bl],$$
$$[ba]x + \frac{[ba][ab]}{[aa]}y = \frac{[ba][al]}{[aa]}.$$

Получают *второе уравнения исключения* с одним неизвестным y. В обозначениях Гаусса оно записывается так:

$$[bb1]y = [bl1],$$

где

$$[vv1] = [vv] - \frac{[ab]^2}{[aa]} \quad \text{и} \quad [xx1] = [xx] - \frac{[ab][al]}{[aa]}.$$

Отсюда

$$y = \frac{[bl1]}{[bb1]}. \tag{54}$$

Полученное y подставляют в первое уравнение исключения, чтобы определить x. Задача определения наивероятнейших значений неизвестных x и y решена.

Веса неизвестных x и y равны:

$$p_x = [aa]\frac{[bb1]}{[111]/[vv]}, \quad p_y = [bb1]. \tag{55}$$

Средние погрешности неизвестных равны:

$$\varepsilon_x = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_x}}, \quad \varepsilon_y = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{p_y}}, \tag{56}$$

где

$$\varepsilon_0 = \sqrt{\frac{[p\Delta\Delta]}{n-2}}.$$

Подробное изложение теории случайных погрешностей и способа наименьших квадратов для большого числа неизвестных см. в ПЧАК (гл. 6) либо в книге Б. М. Щиголева «Математическая обработка наблюдений».

Глава 3

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ОБЩЕЙ АСТРОНОМИИ

§ 3.1. Астрономические координаты

Не имея возможности при непосредственных наблюдениях оценивать различие в расстояниях до небесных светил, мы относим их на одно расстояние — на внутреннюю поверхность некоторой сферы, окружающей наблюдателя, находящегося в ее центре. *Небесная сфера* — это воображаемая сфера произвольного радиуса (рис. 152), которая позволяет заменить изучение взаимного расположения направлений на светила изучением взаимного расположения точек на сфере.

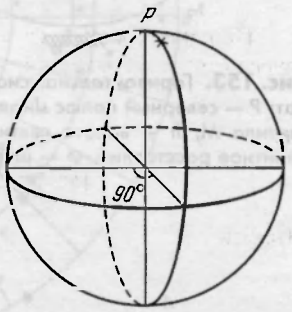


Рис. 152. Условное изображение небесной сферы (условное потому, что при таком положении смотрящего относительно основной плоскости полюс не может совпадать с точкой *P*, а будет находиться на обращенной к читателю полусфере, примерно в точке, отмеченной крестом)

Чистое небо представляется нам в виде купола над нашей головой, или небосвода. Кажущаяся форма небосвода зависит от окружающей обстановки. В открытой местности купол неба представляется нам сплюснутым — ближе над головой, чем в горизонте; для наблюдателя, стоящего поблизости от высоких предметов, небосвод кажется уходящим дальше в высоту, чем к горизонту.

Вопрос о кажущейся форме небосвода имеет значение при глазомерных оценках высот светил над горизонтом в открытой местности, так как в силу сплюснутости небосвода мы всегда переоцениваем высоты светил. Различие истинной и кажущейся высот h объектов над горизонтом:

Истинная h	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Кажущаяся h	30°	50°	65°	75°	84°	90°

(См. раздел «Суждение о форме и движении» в очень интересной книге М. Минарта «Свет и цвет в природе». М.: Наука, 1969.) Степень сплюснутости зависит от состояния неба и от условий погоды.

3.1.1. Системы координат

Положение точки на сфере определяется в какой-нибудь системе *сферических координат*: *горизонтальной*, *экваториальной*, *эклиптической* или *галактической*. Расстояния между точками на сфере измеряются центральными углами или соответственными *дугами больших кругов*.

Отвесная линия пересекает сферу в точках *зенита* и *надира* (рис. 153). Большие круги, проходящие через точки зенита и надира, называются *вертикальными кругами*,

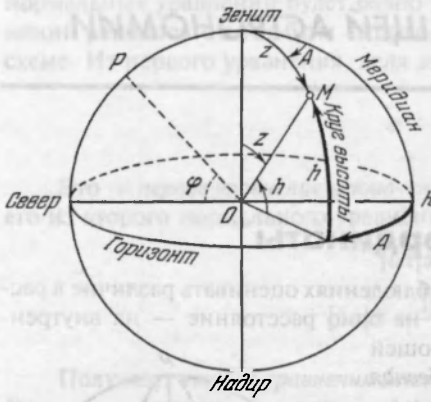


Рис. 153. Горизонтальная система координат: P — северный полюс мира, A — азимут светила M, h — высота светила, z — его зенитное расстояние, φ — широта места

или *кругами высоты*. Плоскость, перпендикулярная к отвесной линии и проходящая через центр сферы, называется *плоскостью горизонта*. В пересечении с небесной сферой она дает математический, или *истинный горизонт*. Малые круги небесной сферы, параллельные горизонту, называются *альмукантаратами*. *Видимый горизонт*, зависящий от рельефа местности и положения наблюдателя, обычно расположен ниже математического (на пересеченной местности часть математического горизонта может быть загорожена холмами, возвышенностями и горами). *Понижение видимого горизонта* тем больше, чем выше находится наблюдатель над уровнем земли. Это понижение горизонта ведет к увеличению *дальности горизонта* D (AB на рис. 154).

Понижение горизонта с учетом влияния рефракции определяется формулой

$$\delta = 1{,}779\sqrt{h}, \qquad (57)$$

где h — высота точки наблюдения в метрах, а δ выражено в минутах дуги. Эта формула справедлива вполне лишь для ровной местности или в открытом море.

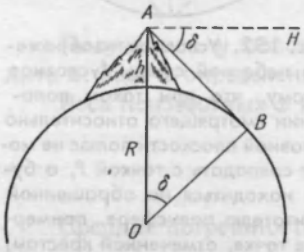


Рис. 154. Понижение горизонта и увеличение дальности горизонта

Дальность горизонта в километрах можно вычислить по формуле (h — в метрах):

$$D = 3{,}86\sqrt{h}, \qquad (58)$$

в которой также учтена рефракция (табл. XXI).

Суточное вращение небесного свода отражает вращение земного шара вокруг своей оси. Для наблюдателя в северном полушарии Земли суточное движение звезд

Таблица XXI

Дальность горизонта в зависимости от высоты наблюдателя

h, м	D, км	h, м	D, км	h, м	D, км	h, км	D, км
1	3,9	25	19,5	200	55,1	2	174
2	5,5	30	21,4	250	61,6	3	214
3	6,8	40	24,6	300	67,6	4	246
4	7,8	50	27,6	400	78	5	276
5	8,7	60	30,2	500	87	10	356
6	9,6	70	32,6	600	96	30	617
7	10,3	80	34,9	700	103	50	794
8	11,0	90	37,0	800	110	100	1122
9	11,7	100	39,0	900	117	200	1572
10	12,3	125	43,6	1000	123	300	1917
15	15,1	150	47,8	1200	135	500	2444
20	17,4	175	51,6	1500	151	1000	3356

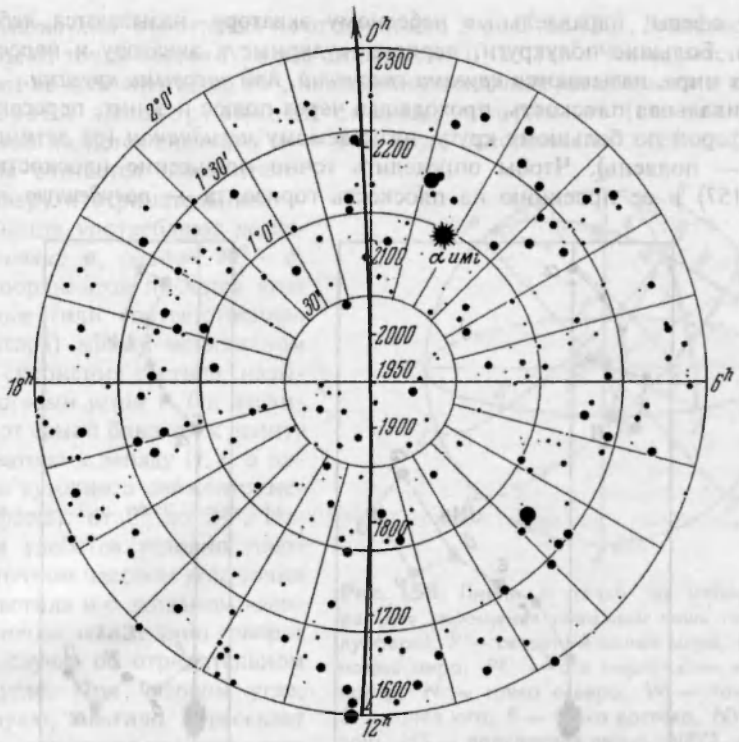


Рис. 155. Движение северного полюса мира с 1600 по 2300 гг. Сетка экваториальных координат эпохи 1950,0

происходит «против часовой стрелки» вокруг одной точки неба, остающейся неподвижной. Это — *северный полюс мира*. На южном небе это будет *южный полюс мира*, а движение звезд происходит «по часовой стрелке».

С течением времени положение полюса среди звезд медленно меняется вследствие прецессии. В настоящее время полюс мира приближается к Полярной звезде (α UMi). Ближе всего к полюсу α UMi будет около 2110 г. (рис. 155).

Высота полюса мира над горизонтом равна *географической широте* φ места. Через центр сферы и полюсы проходит воображаемая *ось вращения* небесной сферы (*ось мира*), параллельная оси вращения земного шара. Плоскость, перпендикулярная к оси мира, образует в пересечении с небесной сферой большой круг, называемый *небесным экватором* (рис. 156). Он отделяет северное полушарие неба от южного. Малые круги

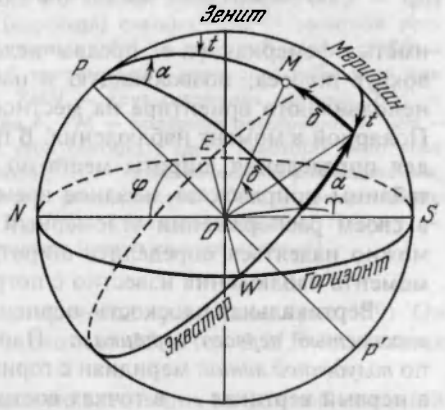


Рис. 156. Экваториальная система координат: P — северный полюс мира, φ — широта места наблюдения, α — прямое восхождение светила M, δ — его склонение, t — часовой угол светила, Υ — точка весеннего равноденствия

небесной сферы, параллельные небесному экватору, называются *небесными параллелями*. Большие полукруги, перпендикулярные к экватору и пересекающиеся в полюсах мира, называются *кругами склонений*, или *часовыми кругами*.

Вертикальная плоскость, проходящая через полюс и зенит, пересекается с небесной сферой по большому кругу, называемому *меридианом* (от латинского слова meridies — полдень). Чтобы определить точно положение плоскости меридиана (рис. 157) и ее проекцию на плоскость горизонта — *полуденную линию*, надо

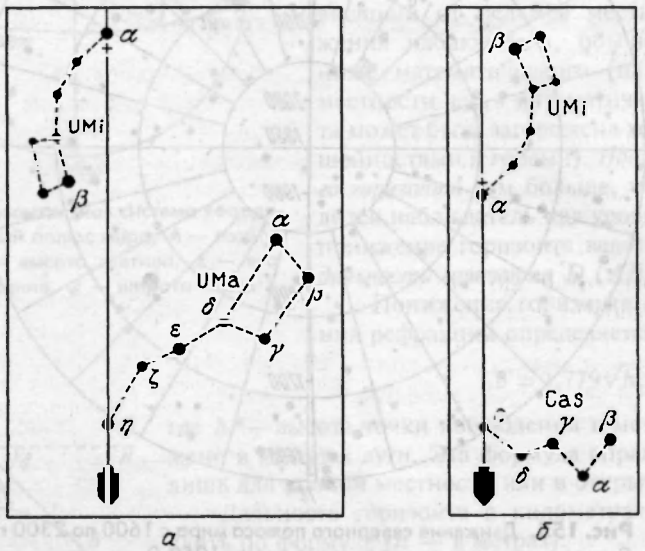


Рис. 157. К определению положения плоскости меридиана (рядом с α UMi крестиком отмечено положение северного полюса мира в нашу эпоху)

иметь эфемериду (т. е. предвычисленные положения) Полярной в ее движении вокруг полюса, позволяющую в наблюдательно найденный азимут относительно неподвижного ориентира на местности внести поправку, учитывающую *элонгацию* Полярной в момент наблюдения. В переменной части Астрономического Календаря для определения широты места по измерениям высоты h Полярной приводятся таблицы поправок за звездное время, за рефракцию, за азимут Полярной. Имея в своем распоряжении угломерный инструмент (типа геодезического теодолита), можно надеяться определить широту с погрешностью $\pm 0{,}2'$, если звездное время момента наблюдения известно с погрешностью не более одной минуты.

Вертикальная плоскость, перпендикулярная к плоскости меридиана, называется *плоскостью первого вертикала*. Плоскости меридиана и горизонта пересекаются по *полуденной линии*: меридиан с горизонтом пересекается в точках севера N и юга S, а первый вертикал — в точках востока E и запада W (рис. 158). Эти четыре точки горизонта определяют *страны света*.

В горизонтальной системе координат (рис. 153) положение светила определяется его *высотой* h — дугой круга высоты между горизонтом и светилом — и *азимутом* A — дугой горизонта от точки юга до точки пересечения круга высоты с горизонтом (или соответствующим углом при зените между меридианом и кругом высоты). Азимут отсчитывается от точки юга к западу от 0 до 360°; таким образом, азимут точки запада равен 90°, точки востока 270°. Иногда определяют *западный*

азимут и *восточный*, отсчитывая их от точки юга S от 0° до 180°. Геодезисты измеряют азимуты от точки севера N в обе стороны, от 0° до 180°. Часто вместо высоты h определяют ее дополнение до 90°, называемое *зенитным расстоянием* z светила.

В первой экваториальной системе координат (см. рис. 158) одной координатой является *склонение* δ — дуга круга склонения от экватора до светила. Склонение считается положительным к северу и отрицательным — к югу. Иногда употребляют *полярное расстояние* p, равное $90° - \delta$. Второй координатой является угол при полюсе (или соответственная дуга экватора) между меридианом и кругом склонения светила, называемый *часовым углом* t. Он отсчитывается от самой близкой к зениту точки экватора к западу (т. е. в направлении суточного движения небесной сферы), от 0^h до 24^h. Изредка для удобства условно говорят о восточном часовом угле точки восхода светила и о западном часовом угле точки захода либо говорят в первом случае об отрицательном часовом угле. При часовом угле, равном нулю, светило пересекает меридиан, как говорят, находится в своей *верхней кульминации*. При $t = 12^h$ звезда находится в *нижней кульминации*. Момент верхней кульминации центра Солнца называется *истинным полднем*, момент нижней кульминации — *истинной полночью*. Нижнюю кульминацию можно наблюдать только у светил, имеющих склонение δ больше $90° - \varphi$ (рис. 158). У всех светил, имеющих меньшие склонения, нижняя кульминация происходит под горизонтом.

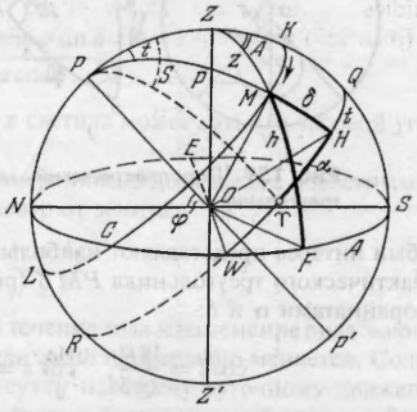


Рис. 158. Линии и точки на небесной сфере (для упрощения показана лишь передняя полусфера). P — северный полюс мира, P' — южный полюс мира; PP' — ось мира; Z — зенит, Z' — надир, N — точка севера, W — точка запада, S — точка юга, E — точка востока, $NWSE$ — горизонт, NS — полуденная линия, $NPZS$ — меридиан, RWQ — небесный экватор, M — светило, $KMCL$ — суточная параллель светила, K — точка верхней кульминации светила, C — точка захода светила, L — точка его нижней кульминации, ZMF — круг высоты (вертикал) светила, ZM — зенитное расстояние светила, FM — высота h светила, SF — азимут A светила (дуга горизонта либо угол при зените), PMH — круг склонения светила, HM — склонение δ, PM — полярное расстояние p, QH — часовой угол светила t (дуга экватора либо угол при полюсе), Υ — точка весеннего равноденствия, $P\Upsilon$ — колюр равноденствий, ΥH — прямое восхождение α, ΥQ — звездное время s, $PN = \varphi$ — высота полюса (равна широте места φ)

В астрономии часто употребляется *параллактический треугольник* (рис. 159). Он имеет своими вершинами полюс P, зенит Z и светило M. Угол ZMP называется *параллактическим углом*.

Рис. 160 позволяет решить вопрос о звездах, не заходящих на данной северной широте φ, и о звездах, недоступных наблюдению (не восходящих). Звезды, имеющие склонение $\delta \geqslant 90° - \varphi$ не заходят, а звезды южного полушария, у которых склонение $\delta \leqslant \varphi - 90°$, недоступны для наблюдения. Через зенит проходят во время верхней кульминации звезды, имеющие склонение $\delta = \varphi$.

Звезда, кульминирующая севернее зенита, изменяет свой азимут A лишь в некоторых пределах. В какие-то моменты она достигает наибольшего удаления (*наибольшей элонгации* или *наибольшей дигрессии*) от меридиана (к западу или к востоку).

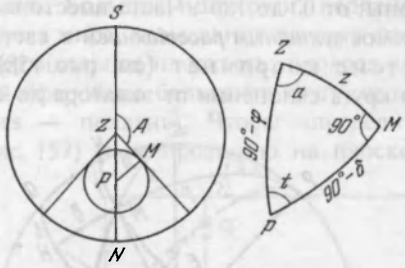


Рис. 159. Параллактический треугольник

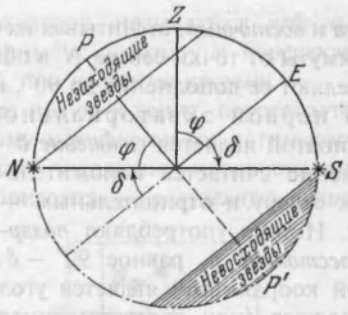


Рис. 160. Проекция небесной сферы на плоскость меридиана

Особый интерес представляют наибольшие элонгации околополярных звезд. Из параллактического треугольника PMZ (рис. 159) следует, что в эти моменты для звезд с координатами α и δ:

$$\cos t = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\delta}, \quad \cos z = \frac{\sin\varphi}{\sin\delta} \quad \text{и} \quad \sin a = \frac{\cos\delta}{\cos\varphi},$$

откуда звездное время элонгаций

$$s_{\text{зап}} = \alpha + t, \quad s_{\text{вост}} = \alpha - t,$$

а азимуты

$$A_{\text{зап}} = 180^\circ - a, \quad A_{\text{вост}} = 180^\circ + a.$$

Рис. 161 дает представление о вращении небесного свода для мест земной поверхности, находящихся на разных широтах (от северного до южного полюса). Стрелками обозначено направление на северный полюс мира и направление вращения небесной сферы. Плоскость горизонта места наблюдения везде заштрихована. В южном полушарии Земли вращение небесного свода происходит «справа налево», к чему надо привыкнуть, попав в это полушарие.

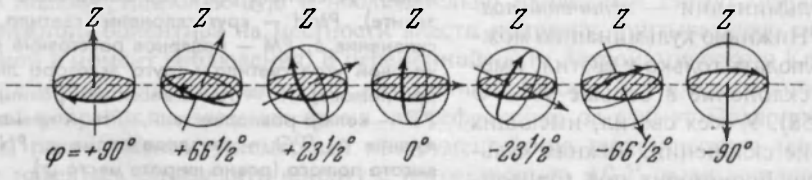


Рис. 161. Вращение небесной сферы на различных широтах (вид с восточной стороны)

Зенитное расстояние светила в верхней кульминации равно $z_S = \varphi - \delta$, либо $z_N = \delta - \varphi$, в зависимости от того, на юг (S) или на север (N) от зенита кульминирует светило. Если не учитывать рефракцию, а для Солнца и Луны не учитывать их диаметры, то часовые углы t точек восхода и захода светил и их азимуты A определяются по формулам

$$\cos t = -\operatorname{tg}\varphi \operatorname{tg}\delta, \quad \cos A = -\frac{\sin\delta}{\cos\varphi}. \tag{59}$$

Азимуты: положительный для захода, отрицательный для восхода. Звездное время: момента восхода $s_в = \alpha - t$, момента захода $s_з = \alpha + t$.

Точки восхода и захода светила (и, следовательно, время его пребывания над горизонтом), а также высота в меридиане зависят только от широты места наблюдения и от склонения светила.

Формула (59) является частным случаем (при $z = 90^\circ$) более общей формулы, определяющей часовой угол t светила, имеющего склонение δ и наблюдаемого в месте с широтой φ на зенитном расстоянии z:

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta}. \tag{60}$$

При известных φ и δ каждое измерение z светила может дать его часовой угол t (с точностью до знака).

Широту места φ можно определить по измерениям z двух звезд с известными δ, кульминирующими одна на юг, а другая на север от зенита:

$$\varphi = \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}. \tag{61}$$

Изменение полуденной высоты Солнца в течение года и изменение вида ночного неба говорят нам, что положение Солнца среди звезд непрерывно меняется. Солнце движется среди звезд со скоростью $\approx 1^\circ$ в сутки навстречу суточному движению небесной сферы (с запада на восток). Это является отражением обращения Земли вокруг Солнца. Видимый путь Солнца среди звезд называется *эклиптикой* (от греческого слова *эклейпсис* — затмение, так как затмения Солнца могут происходить, когда Луна оказывается вблизи эклиптики; см. раздел 4 этой главы и Приложение IV). Эклиптика — большой круг небесной сферы, к которому в нашу эпоху экватор наклонен на угол $\varepsilon = 23^\circ 27'$. О видимом движении Солнца среди звезд см. с. 242.

Эклиптика и экватор пересекаются в двух точках. *Точкой весеннего равноденствия* называется та точка пересечения эклиптики с небесным экватором, в которой центр Солнца около 21 марта переходит из южной половины небесной сферы в северную; она обозначается знаком Υ (знак зодиакального созвездия Ari, где находилась точка весеннего равноденствия во времена Гиппарха). От точки весеннего равноденствия отсчитывается прямое восхождение α (α и δ составляют *вторую систему экваториальных координат*). Эта координата определяет положение круга склонения светила относительно *равноденственного колюра* — круга склонения, проходящего через точку весеннего равноденствия (расположение равноденственного колюра относительно звезд показано схематически на рис. 162). Круг склонений, проходящий через точки зимнего и летнего солнцестояний, называется *колюром солнцестояний*.

Рис. 162. Способ приближенного определения точки весеннего равноденствия

Прямое восхождение выражается в часовой мере, т. е. в часах, минутах и секундах, и отсчитывается вдоль экватора в направлении, противоположном суточному вращению небесной сферы, от 0^h до 24^h. Так как вследствие прецессии Υ непрерывно смещается, необходимо всегда указывать год, к положению точки весеннего равноденствия в начале которого относятся координаты, например, $\alpha_{1950,0}$, $\delta_{1950,0}$. В последние годы используется *стандартная эпоха* 2000,0.

Рис. 163. К определению прямого восхождения Солнца

Она относится к 2000 году янв. $1{,}5^d$ = J. D. 2 451 545,0 (о счете дней юлианского периода [J. D.] см. п. 5.8.2).

Прямое восхождение какой-нибудь звезды можно определить, измерив склонение Солнца (днем) и определив точный момент кульминации звезды (ночью). Прямое восхождение Солнца в момент наблюдения вычислим из прямоугольного сферического треугольника (рис. 163) по формуле

$$\sin \alpha_\odot = \frac{\operatorname{tg} \delta_\odot}{\operatorname{tg} \varepsilon}, \qquad (62)$$

где ε — наклон эклиптики к экватору. Разность моментов наблюдения звезды и Солнца даст разность их прямых восхождений. Прибавив к этой разности вычисленное прямое восхождение Солнца (с учетом его изменения за промежуток времени между дневным и ночным наблюдениями), получим прямое восхождение звезды. Это — схема *абсолютных определений* прямых восхождений звезд.

В последние годы от экваториальной системой координат в ее старом виде пришлось отказаться. Дело в том, что основные направления экваториальной системы не остаются неизменными: ось вращения Земли и плоскость земной орбиты медленно меняют ориентацию. Поэтому экваториальные координаты звезд тоже медленно изменяются, даже если сами звезды неподвижны. В последние десятилетия экваториальную систему «привязывали» к самим звездам. Но и это оказалось плохо, ведь некоторые звезды имеют заметное движение. Стремясь построить «идеальную» систему координат, астрономы решили связать ее с такими небесными телами, которые можно считать неподвижными. Это квазары, самые удаленные небесные объекты. Их видимые перемещения на небесной сфере пренебрежимо малы. К тому же, квазары излучают радиоволны, поэтому их можно наблюдать радиоинтерферометрами, у которых точность измерения углов чрезвычайно высока.

Современная *стандартная система координат* внешне похожа на экваториальную, но уже не связана с вращением Земли вокруг оси и ее движением вокруг Солнца. Хотя координаты в стандартной системе называются так же: прямое восхождение и склонение. Чтобы сделать переход к новой системе «безболезненным», астрономы постарались, чтобы стандартная и экваториальная системы были близки хотя бы в наше время. Поэтому стандартная система и экваториальная система эпохи J2000 (т. е. начала юлианского 2000 г.) почти в точности совпадают. Официальное название новой системы — International Celestial Reference System (международная небесная система отсчета), сокращенно ICRS.

Координатная сетка новой стандартной системы уже не будет «ездить по небу» из-за прецессии. Координаты далеких объектов, неподвижных (по угловым координатам) относительно квазаров, в этой системе не будут меняться. Поэтому уже не нужно будет несколько раз в столетие переписывать каталоги звезд и перерисовывать карты неба, чтобы учесть смещение сетки экваториальных координат. Однако, останется одно важное обстоятельство, про которое нужно помнить, поднимаясь в башню телескопа. Сам телескоп привязан к Земле; его полярная ось остается параллельной земной оси, которая испытывает прецессию. Поэтому, наводя телескоп на звезду, т. е. отыскивая *видимое место звезды* на небе, нужно вводить поправку за прецессию телескопа, равно как и все прочие стандартные поправки — за нутацию, за годичную аберрацию, за атмосферную рефракцию.

Если принять за основную плоскость системы сферических координат эклиптику, то мы получим *эклиптическую систему координат*, в которой положение светила

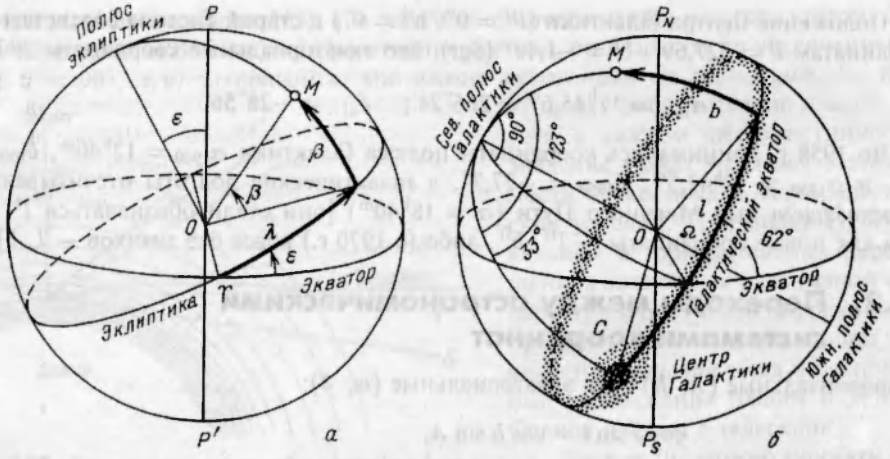


Рис. 164. Эклиптическая (*а*) и галактическая (*б*) системы координат. P и P' — северный и южный полюсы мира, Υ — точка весеннего равноденствия, λ — долгота и β — широта светила, C — центр Галактики, ε — угол наклона эклиптики к экватору, l — галактическая долгота, b — галактическая широта светила

определяется астрономической долготой λ и астрономической широтой β (рис. 164). Долгота λ отсчитывается вдоль эклиптики от точки весеннего равноденствия в направлении возрастания α до точки пересечения эклиптики с *кругом широты* [1] светила и выражается в градусах. Широта β отсчитывается по кругу широты в обе стороны от эклиптики от 0° до ±90°. Северный полюс эклиптики имеет экваториальные координаты $\alpha = 18^h$ и $\delta = +66{,}5°$ и находится в созвездии Dra; южный полюс имеет координаты $\alpha = 6^h$ и $\delta = -66{,}5°$ — созвездие Dor. Эклиптические координаты широко применяются при исследовании движений в Солнечной системе.

В зависимости от положения центра небесной сферы мы получаем *топоцентрические* (начало координат в месте наблюдения), *геоцентрические* (начало координат в центре Земли) либо *гелиоцентрические* (начало координат в центре Солнца) координаты. Если поместить центр небесной сферы в центр какой-нибудь планеты, получим планетоцентрические координаты.

Система галактических координат (рис. 164) имеет своей основной плоскостью плоскость, параллельную средней плоскости Млечного Пути — так называемую плоскость Галактики, которая пересекается с небесной сферой под углом в 62,6° к плоскости небесного экватора. Галактическая долгота l отсчитывается вдоль *галактического экватора* от круга широты центра Галактики [2] в направлении возрастания прямых восхождений и выражается в градусах. Галактическая широта b отсчитывается от галактического экватора в обе стороны до ±90°. Северный полюс Галактики имеет экваториальные координаты $\alpha_{2000} = 12^h51^m26^s = 192{,}86°$, $\delta_{2000} = 27°07'42''$ (созвездие Com). Южный полюс находится в Scl.

Галактические координаты широко используются в звездной астрономии.

---

[1] Кругом широты называется большой круг небесной сферы, проходящий через светило и полюсы эклиптики.

[2] Строго говоря, центр Галактики находится в 30″ от этого начального круга галактических широт, который отстоит на 123,00° от круга, проходящего через полюс мира 1950,0. В самом центре Галактики находится интенсивный радиоисточник малых угловых размеров Sgr A.

Положение центра Галактики ($l^{II} = 0°$, $b^{II} = 0°$) в старой системе соответствует координатам $l^{I} = 327{,}69°$, $b^{I} = -1{,}40°$ (Sgr). Его экваториальные координаты 2000,0

$$\alpha_{\text{ц. г.}} = 17^{h}45{,}6^{m} = 266°24'; \quad \delta_{\text{ц. г.}} = -28°56'.$$

До 1958 г. принимались координаты полюса Галактики $\alpha_{1900} = 12^{h}40^{m}$, $\delta_{1900} = +28°$ и $\alpha_{1950} = 12^{h}42{,}5^{m}$, $\delta_{1950} = +27{,}7°$, а галактические долготы отсчитывались от *восходящего узла* Млечного Пути ($\alpha = 18^{h}40^{m}$) [они стали обозначаться l^{I}, b^{I}, тогда как новые координаты — l^{II}, b^{II}, либо (с 1970 г.) вовсе без значков — l, b].

3.1.2. Переходы между астрономическими системами координат

а) Горизонтальные $(A,\ h) \Longleftrightarrow$ экваториальные $(\alpha,\ \delta)$:

$$\begin{aligned}
\cos\delta \sin t &= \cos h \sin A,\\
\sin\delta &= \sin h \sin\varphi - \cos h \cos A \cos\varphi,\\
\cos\delta \cos t &= \cos h \cos A \sin\varphi + \sin h \cos\varphi,\\
\sin h &= \sin\delta \sin\varphi + \cos\delta \cos t \cos\varphi,\\
\cos h \cos A &= \cos\delta \cos t \sin\varphi - \sin\delta \cos\varphi,
\end{aligned}$$

где φ — широта наблюдателя, а часовой угол светила t связан с местным звездным временем s соотношением $t = s - \alpha$.

б) Экваториальные $(\alpha,\ \delta) \Longleftrightarrow$ эклиптические $(\lambda,\ \beta)$:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha \cos\delta &= \cos\lambda \cos\beta,\\
\sin\delta &= \sin\beta \cos\varepsilon + \sin\lambda \cos\beta \sin\varepsilon,\\
\sin\alpha \cos\delta &= \sin\lambda \cos\beta \cos\varepsilon - \sin\beta \sin\varepsilon,\\
\sin\beta &= \sin\delta \cos\varepsilon - \sin\alpha \cos\delta \sin\varepsilon,\\
\sin\lambda \cos\beta &= \sin\alpha \cos\delta \cos\varepsilon + \sin\delta \sin\varepsilon,
\end{aligned}$$

где ε — наклон эклиптики к экватору (23°26′25″ для эпохи 2000,0).

в) Экваториальные $(\alpha,\ \delta) \Longleftrightarrow$ галактические $(l,\ b)$:

$$\begin{aligned}
\cos b \cos(l - l_\Omega) &= \cos\delta \sin(\alpha - \alpha_G),\\
\sin b &= \sin\delta \sin\delta_G + \cos\delta \cos(\alpha - \alpha_G) \cos\delta_G,\\
\cos b \sin(l - l_\Omega) &= \sin\delta \cos\delta_G - \cos\delta \cos(\alpha - \alpha_G) \sin\delta_G,\\
\sin\delta &= \sin b \sin\delta_G + \cos b \sin(l - l_\Omega) \cos\delta_G,\\
\cos\delta \cos(\alpha - \alpha_G) &= \sin b \cos\delta_G - \cos b \sin(l - l_\Omega) \sin\delta_G,
\end{aligned}$$

где α_G и δ_G — координаты северного полюса Галактики, а l_Ω — долгота восходящего узла галактической плоскости. Для эпохи 2000,0 их значения таковы: $\alpha_G = 12^{h}51^{m}26{,}28^{s} = 192{,}85948°$; $\delta_G = +27°07'41{,}7'' = +27{,}12825°$; $\iota_\Omega = 32{,}93192°$.

3.1.3. Рефракция

При всех наблюдениях, связанных с точным измерением зенитных расстояний, надо учитывать влияние преломления света в земной атмосфере — *рефракцию*, о которой было известно еще во времена Птолемея. Вследствие рефракции зенитное расстояние

светила уменьшается (рис. 165), т. е. светило приподнимается над горизонтом. *Угол рефракции* зависит от зенитного расстояния светила, он возрастает с увеличением z. При $z = 90°$, т. е. у горизонта, мы имеем *горизонтальную рефракцию*. Ее принимают приблизительно равной 35′, хотя в каждом месте истинное ее значение может меняться в зависимости от местных и метеорологических условий. При сильных вертикальных и горизонтальных перемещениях воздушных масс разной температуры и плотности рефракция непрерывно меняется, следствием чего является *мерцание* звезд и неспокойные изображения планет и деталей Солнца и Луны в телескопе.

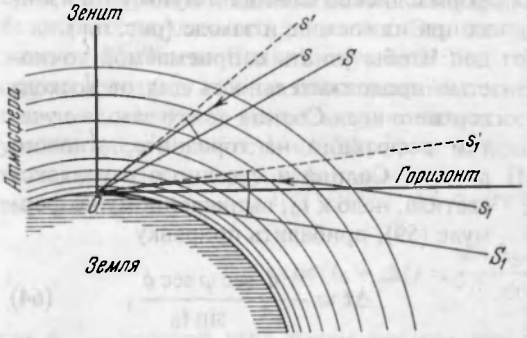


Рис. 165. Влияние атмосферной рефракции (схематический рисунок). Светило S_1 находится под горизонтом, но вследствие рефракции мы видим его над горизонтом по направлению s_1'; светило S мы видим по направлению s'

До $z = 70°$ можно принять, что рефракция R меняется пропорционально тангенсу видимого зенитного расстояния:

$$R = 58{,}2'' \cdot \operatorname{tg} z, \qquad (63)$$

где число 58,2″ есть коэффициент так называемой *средней рефракции* (он равен рефракции при $z = 45°$), при вычислении которого принимаются за нормальные условия атмосферное давление $B = 760$ мм и температура $t = +10\,°\text{C}$. Табл. 69 дает рефракцию для этих условий при всех z. По данным этой таблицы можно составить график, с которого снимают значения R для нужных значений z.

Так как преломление света зависит от плотности воздуха, то для более точного вычисления рефракции надо учесть барометрическое давление B и температуру $t°$. Значение рефракции меняется приблизительно на −0,36 % на каждый кельвин и на 0,14 % на 1 мм давления.

Табл. 70 и 71 дают поправки на температуру и давление при $R < 6'$.

Точный учет рефракции является сложной задачей, для решения которой специально составлены подробные таблицы. Наиболее употребительными являются Пулковские таблицы средней рефракции. *Рефракция радиоволн* сантиметрового и дециметрового диапазонов приблизительно в 1,55 раза больше рефракции оптических лучей.

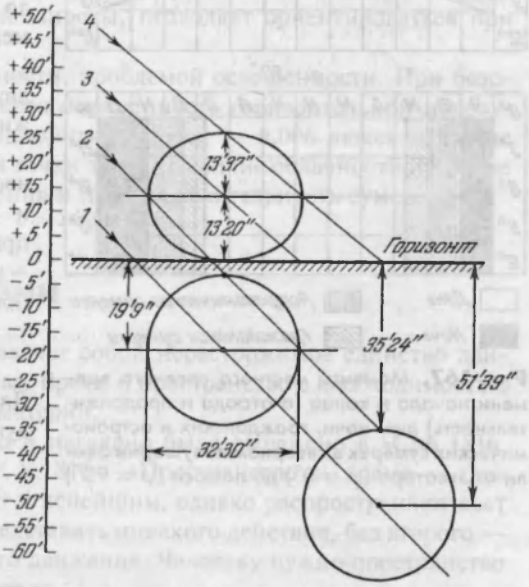


Рис. 166. К увеличению продолжительности дня вследствие рефракции: *1* — истинный путь солнечного диска, *2* — истинный путь верхнего края диска, *3* — видимый путь центра диска, *4* — видимый путь верхнего края диска

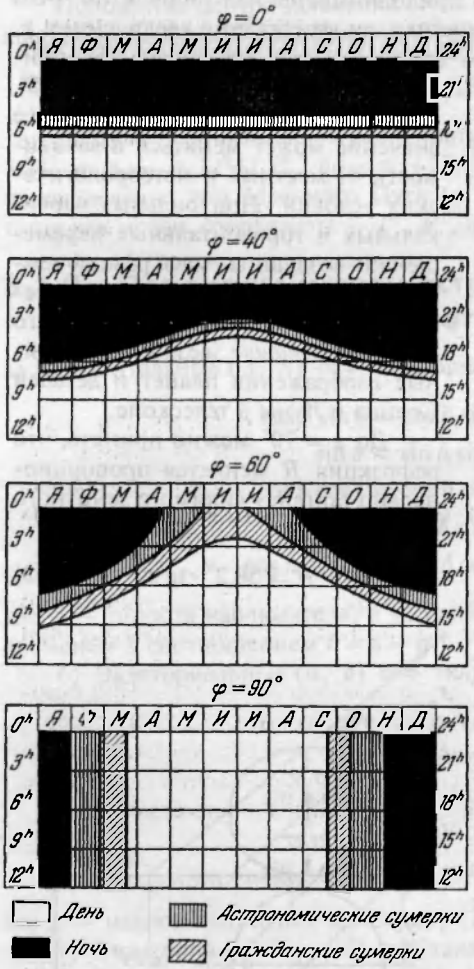


Рис. 167. Моменты местного среднего времени начала и конца (а отсюда и продолжительность) дня, ночи, гражданских и астрономических сумерек в северном полушарии Земли от экватора ($\varphi = 0°$) до полюса ($\varphi = 90°$)

Следствиями рефракции являются и увеличение продолжительности полярного дня в северных широтах и искажение формы дисков Солнца и Луны у горизонта при их восходе и заходе (рис. 166).

Чтобы узнать с приемлемой точностью продолжительность дня от восхода верхнего края Солнца до его захода с учетом рефракции на горизонте, углового радиуса Солнца и суточного параллакса светила, надо к t_0, вычисленному по формуле (59), прибавить поправку

$$\Delta t = -\frac{d}{15}\frac{\sec\varphi \sec\delta}{\sin t_0}, \qquad (64)$$

где $d = p - R - \varrho$ (в минутах дуги), p — параллакс, $R \approx 16'$ — радиус диска для Солнца и Луны, $\varrho = 35'$ — горизонтальная рефракция. Величина $d/15$ равна $2{,}3^m$ для звезд (p принимается равным нулю), $3{,}4^m$ для Солнца ($p_\odot = 8{,}8''$) и от $-0{,}2^m$ до $+0{,}7^m$ для Луны (параллакс Луны $p_\leftmoon$ меняется от $54'$ до $62'$).

Таким образом, $t = t_0 + \Delta t$. Сумма двух часовых углов дает полную продолжительность дня.

Достаточно точные азимуты точек восхода и захода с учетом рефракции и т. д. также получим, используя поправку: $A = A_0 + \Delta A$, где $\cos A_0 = -\sin\delta/\cos\varphi$; см. формулу (59), и поправка

$$\Delta A = -\frac{d\,\mathrm{tg}\,\varphi}{\cos\delta}.$$

Для точных вычислений используют следующие формулы:

$$\cos t = \frac{\sin d - \sin\varphi\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta}$$

$$\sin A = \frac{\sin t\cos\delta}{\cos d}.$$

3.1.4. Сумерки

Действительная продолжительность дня определяется появлением и исчезновением на уровне горизонта верхнего края Солнца. Сложнее определение понятия ночи, так как между днем и ночью длятся более или менее продолжительные *вечерние* и *утренние сумерки*. Находясь под горизонтом Солнце освещает земную атмосферу, а рассеянные ею лучи создают сумеречное освещение.

Продолжительность сумерек зависит от широты места наблюдения и от склонения Солнца. Различают *сумерки гражданские* и *астрономические*. В морском и речном деле, кроме того, различают *навигационные сумерки*. Конец вечерних гражданских сумерек определяется необходимостью включения искусственного освещения для безопасности уличного движения. Это совпадает с погружением Солнца под горизонт на 6°. Когда Солнце опустится под горизонт ниже, чем на 12°, нельзя уже ориентироваться на воде без сигнальных огней. При погружении Солнца на 18° под горизонт наступает конец астрономических сумерек, характеризующийся резким увеличением видимости слабых звезд и исчезновением в спектре неба непрерывного свечения и фраунгоферовых линий. Продолжительность сумерек Δt можно вычислить по формуле

$$\cos(t_0 + \Delta t) = \frac{\sin h_\odot - \sin\varphi \sin\delta_\odot}{\cos\varphi \cos\delta_\odot}, \qquad (65)$$

где t_0 — часовой угол точки восхода или заката (без учета рефракции и т. д.), а $h_\odot = -6°$ для гражданских и $-18°$ для астрономических сумерек. В тех широтах, где зенитное расстояние центра Солнца в нижней кульминации меньше 108° (но больше чем 90°52′), сумерки длятся «всю ночь» (так бывает, например, во время «белых ночей» в июне-июле в Санкт-Петербурге).

В астрономических ежегодниках помещены подробные таблицы, по которым можно точно определить моменты начала и конца сумерек. Рис. 167, который можно составить в любом масштабе для любой широты, позволяет ориентироваться при составлении программы наблюдений.

Проблема сумерек является, в сущности, проблемой освещенности. При безоблачном небе в конце гражданских сумерек освещенность горизонтальной поверхности равна 0,1 люкса, в конце навигационных сумерек — 0,006 люкса, в конце астрономических — 0,0006 люкса. С этой точки зрения наличие облачности и лунное освещение влияют на моменты наступления и на продолжительность сумерек.

§ 3.2. Измерение времени

Объективно существующий мир представляет собой нерасторжимое единство движущейся материи, времени и пространства. Время и пространство с необходимостью определены, порождены самим бытием материи.

Два века назад это очень доходчиво и наглядно было выражено в «Спб 1816, карманном Месяцеслове на лето от Р. Х.1816». «Пространство и время — два понятия, которые хотя и не принадлежат к яснейшим, однако распространяют свет одно на другое. Без первого не можно представить никакого действия, без второго — никакой перемены, без обоих — никакого движения. Человеку нужно пространство для его существования, а время для действия».

Таким образом, нет пространства и времени без движущейся материи. Иначе, все сказанное афористически выражают словами: пространство и время суть формы существования материи.

Время в жизни человеческого общества, в естествознании, в точных науках является измеряемой величиной, определяющей последовательность событий, промежутки между ними и скорость течения различных процессов. Изучение явлений природы, протекающих во времени, требует специального внимания к вопросам

измерения времени[3]. Равномерное (в первом приближении) вращение небесного свода, отражающее вращение земного шара вокруг своей оси, дало первую основу для измерения времени. Различные способы выражения промежутков времени, рассмотренные ниже, являются лишь разными системами счета времени.

3.2.1. Звездное время

Наблюдение суточного вращения звездного неба приводит к понятию *звездного* времени. *Звездными сутками* называется промежуток времени между двумя последовательными одноименными (например, верхними) кульминациями точки весеннего равноденствия. Звездные сутки начинаются в момент ее верхней кульминации. Звездное время измеряется часовым углом точки весеннего равноденствия.

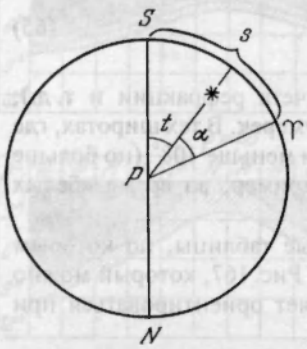


Рис. 168. Проекция небесной сферы на плоскость экватора. Звездное время s равно прямому восхождению светила α плюс его часовой угол t

Как легко видеть на рис. 168, представляющем собой проекцию северного полушария небесной сферы на плоскость небесного экватора, для каждого светила справедливо соотношение

$$s = \alpha + t. \qquad (66)$$

Отсюда получаем, что звездное время численно равно прямому восхождению светил, находящихся в верхней кульминации (когда $t = 0$). Это дает способ определения *поправки часов*, идущих по звездному времени (*звездных часов*), путем наблюдения моментов кульминации звезд с известными α.

Для приближенного определения звездного времени в какой-нибудь момент среднего времени служит номограмма М. С. Зверева (Приложение VIII). Она дает возможность ориентироваться в том, какие звезды кульминируют в данный момент, и по звездной карте определить ожидаемый вид звездного неба.

Вследствие прецессии положение точки Υ не остается неизменным: она медленно перемещается вдоль эклиптики к западу на $50{,}29''$ в год или на $0{,}138'' = 0{,}0092^s$ в сутки. В проекции на небесный экватор ($\times \cos 23{,}5^\circ$) это дает $0{,}0084^s$ в сутки. На эту величину звездные сутки короче периода вращения Земли. Помимо того, длина звездных суток не постоянна, а периодически меняется вследствие нутации, также смещающей Υ. Поэтому в специальных астрономических работах приходится иногда вводить, по аналогии с истинным и средним солнечным временами, понятия *истинного* и *среднего звездных времен*. Среднее звездное время определяется положением средней точки весеннего равноденствия, движущейся равномерно вдоль экватора, в то время как истинная точка весеннего равноденствия будет определять истинное звездное время.

Повышение точности хранения времени позволило обнаружить, что само вращение земного шара происходит не так идеально равномерно, как это предполагалось до сих пор.

Во вращении Земли можно выделить три основные неравномерности:

1) вековое замедление вследствие приливного трения (сутки увеличиваются на 0,002 секунды в столетие);

[3] Особое внимание читателей обращаем на прекрасную во всех отношениях книгу В. Демидова «Время, хранимое как драгоценность».

2) годичные изменения, связанные, по-видимому, с сезонным переносом воздушных и водных масс; быстрее всего Земля вращается в августе и медленнее всего в марте; разница между самыми короткими сутками в августе и самыми длинными в марте составляет 0,0025 с;

3) нерегулярные скачкообразные изменения длины суток, меняющие их продолжительность до 0,004 с; они имели место в 1864, 1876, 1898, 1920 и 1956 гг. Причины их пока не установлены, хотя среди них указывают, например, на перемещения масс внутри земной коры, воздействия землетрясений и даже возможные метеорологические факторы.

Неравномерность вращения Земли заставила астрономов ввести особое — *ньютоновское*, или *эфемеридное*, *время* (ET), текущее совершенно равномерно. Нульпункт шкалы эфемеридного времени был определен фундаментальной эпохой «Таблиц Солнца» Ньюкома: 1900, янв. 0, 12^hET, а в основе этого счета времени лежит определение *эфемеридной секунды* как 1/31 556 925,9747 части тропического года эпохи 1900 года; 86 400 эфемеридных секунд составляют *эфемеридные сутки*.

Эфемеридное время употреблялось для анализа движений небесных тел и предвычисления их положений (*вычисления эфемерид*). Для перехода от неравномерного *всемирного времени* UT (см. с. 244) к эфемеридному ET надо было ввести поправку, которая определяется на основе движения Луны (по теории Брауна—Эккерта), и многолетних рядов предшествующих точных наблюдений положений Луны среди звезд, наблюдений покрытий звезд Луной и т. д.

Эта поправка

$$\Delta T = \mathrm{ET} - \mathrm{UT} = +24{,}349^s + 72{,}3165^s T + 29{,}949^s T^2 + 1{,}821^s B'', \qquad (67)$$

где T — в юлианских столетиях от 1900, янв. 0, 12^hET, а B'' — флуктуации долготы Луны, получающиеся из сопоставления вычисленных и наблюденных долгот Луны (см.: *Бакулин П. И., Блинов Н. С.* Служба точного времени. М.: Наука, 1977, § 19). Приводимая здесь табл. XXII дает представление о поправке ΔT, которая, довольно плавно изменяясь между табличными датами, растет со временем.

Таблица XXII

Поправка к всемирному времени

Дата	ΔT, s	Дата	ΔT, s	Дата	ΔT, s	Дата	ΔT, s
1900,5	−3,79	1925,5	+22,55	1950,5	+29,42	1970,5	+40,7
1905,5	+3,26	1930,5	+23,18	1955,5	+31,59	1975,5	+46,0
1910,5	+10,28	1935,5	+23,63	1960,5	+33,29	1980,5	+51,0
1915,5	+16,39	1940,5	+24,30	1965,5	+35,5	1985,5	+54,6
1920,5	+20,48	1945,5	+26,57	1967,5	+36,6	1990,5	+57,2

На съездах МАС 1976 г. (в Гренобле, Франция) и 1979 г. (в Монреале, Канада) было решено вместо эфемеридного времени ET ввести *земное динамическое время* TDT. Шкала эфемеридного времени, имевшая характер равномерного времени ньютоновской динамики, заменена теперь шкалой *барицентрического динамического времени* TDB (имеется в виду барицентр Солнечной системы). Это изменение введено в Астрономический Ежегодник СССР на 1986 г. Подробнее об этом можно прочесть в разделе «Объяснение к Астрономическому Ежегоднику СССР» на любой год, начиная с 1986 г.

Однако при определении шкал TDT и TDB были допущены некоторые неясности. Более совершенными являются рекомендованные МАС в 1991 г. следующие

шкалы времени: *земное время* TT — время для наблюдателя на поверхности Земли, *геоцентрическое координатное время* TCG — время для наблюдателя в центре Земли, *барицентрическое координатное время* TCB — время для наблюдателя в центре масс Солнечной системы. Теоретической основой этих шкал служит общая теория относительности, а физическим эталоном — атомные часы. Шкалы эфемеридного времени ET, земного динамического времени TDT и земного времени TT можно считать идентичными.

Практической шкалой времени, применяющейся в быту, является *всемирное координированное время* UTC. Именно оно передается по радио и телевидению; именно в этой шкале времени записываются моменты астрономических наблюдений. Причиной для введения этой шкалы явилось то обстоятельство, что во многих областях науки и техники всемирное время употребляется как исходная величина для вычисления угла поворота Земли относительно избранного направления в инерциальной системе координат. Переход на атомное время «разорвал» эту связь. Чтобы ее сохранить, необходимо несколько изменять показания атомных часов. Например, если Земля в своем вращении «отстала» на угол в 15 секунд дуги, мы можем уменьшить показания атомных часов на одну секунду времени. После этого их показания будут соответствовать углу поворота Земли. Такие измененные в соответствии с вращением Земли показания атомных часов и называются всемирным координированным временем. Иногда эта шкала называется «всемирным согласованным временем», что лучше отражает ее сущность.

Такие изменения показаний атомных часов на одну секунду приходится производить один раз в 1–2 года. Последнее согласование времени произошло 1 января 2000 г. При этом от сигналов точного времени в начале суток 31 декабря 1999 г. до сигналов времени в начале суток 1 января 2000 г. прошло 86 401 с (а не 86 400 с, как обычно).

3.2.2. Видимое движение Солнца среди звезд и измерение времени

Путь Солнца среди звезд, эклиптика, проходит через 12 созвездий, называемых *зодиакальными*[4]. Среднее движение Солнца среди звезд составляет $59'8''$ в сутки.

В поясе Зодиака шириной $15–20^\circ$ проходят также видимые пути Луны, планет и большинства астероидов. Пути многих комет и некоторых астероидов выходят за пределы этого пояса; их орбиты наклонены под большими углами к эклиптике. В табл. XXIII приведены зодиакальные созвездия, начиная от Υ, в сторону возрастания α (с запада на восток). Указано также время прохождения этих созвездий Солнцем.

Небольшую часть пути Солнце проходит (с 30 ноября по 18 декабря) по созвездию Змееносца, которое, однако, не входит в число зодиакальных созвездий.

В старину положение Солнца на эклиптике отмечали знаками Зодиака (см. табл. 1), которыми определяли отдельные участки (по 30° долготы каждый) годового пути Солнца, начиная от точки Υ.

Можно составить краткую таблицу изменений экваториальных координат Солнца в течение года (табл. XXIV).

Прямое восхождение Солнца в течение месяца увеличивается приблизительно на 2^h, в течение суток на 4^m.

[4] От греческого слова зодион — животное.

Таблица XXIII

Приблизительные даты вступления Солнца в созвездия и знаки Зодиака (точные даты високосного 2000 г.)

	В созвездие	В знак Зодиака
Рыбы	11 марта	19 февраля
Овен	18 апреля	20 марта
Телец	13 мая	19 апреля
Близнецы	21 июня	20 мая
Рак	20 июля	21 июня
Лев	10 августа	22 июля
Дева	16 сентября	22 августа
Весы	30 октября	22 сентября
Скорпион	23 ноября	23 октября
Змееносец	29 ноября	—
Стрелец	17 декабря	22 ноября
Козерог	20 января	21 декабря
Водолей	16 февраля	20 января

Таблица XXIV

Координаты Солнца в моменты равноденствий и солнцестояний

Явление	Дата, приблизительно	α	δ
Весеннее равноденствие	21 марта	0^h	0° 0′
Летнее солнцестояние	22 июня	6	+23 26
Осеннее равноденствие	23 сентября	12	0 0
Зимнее солнцестояние	22 декабря	18	−23 26

Условное деление земного шара на *климатические пояса тропиками* и *полярными кругами* связано с указанным изменением склонения Солнца. На полярных кругах (на географических параллелях с широтой ±66,5°) центр Солнца один день в году не заходит и один день не восходит над математическим горизонтом. На тропиках (широта ±23,5°) раз в году центр Солнца в полдень проходит через зенит. Если принять более точные значения наклона экватора к эклиптике, то климатические пояса должны иметь следующие границы: жаркий пояс от +23°26′ до −23°26′ широты, два умеренных — между +23°26′ и +66°34′ и между −23°26′ и −66°34′, и два холодных — от полярных кругов до соответственных полюсов. Строго говоря, для полярных кругов это справедливо лишь без учета рефракции. Если же учесть рефракцию, то центр Солнца раз в году не заходит на широте 65°59′ и раз в году не восходит на широте 67°9′.

Промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями центра Солнца дает нам новую единицу времени — *истинные солнечные сутки*. Они длиннее звездных потому, что вследствие годичного движения Земли по орбите Солнце перемещается среди звезд в направлении, обратном видимому суточному вращению небесной сферы, т. е. с запада на восток (рис. 169). Поэтому 365,2422 средних солнечных суток (т. е. тропический год) равны 366,2422 звездных суток и солнечные сутки оказываются в среднем на 4^m длиннее звездных, а солнечный час длиннее звездного на 10^s — в среднем потому, что длительность истинных солнечных суток есть величина переменная: они короче летом и длиннее зимой; максимальная продолжительность $24^h0^m30^s$ среднего солнечного времени (23 декабря),

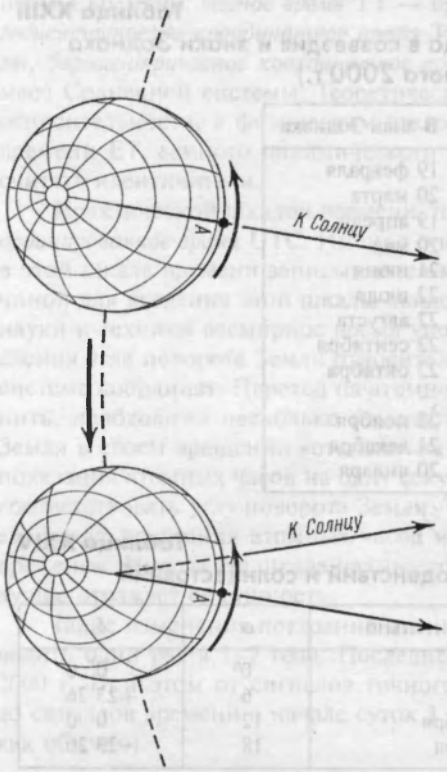


Рис. 169. Различие между солнечными и звездными сутками (для наглядности различие сильно преувеличено)

минимальная $23^h59^m39^s$ (15–16 сентября), т. е. расхождение доходит до 51^s. Это является следствием, во-первых, неравномерности движения Солнца по эклиптике (отражающей неравномерность движения Земли по эллиптической орбите) и, во-вторых, наклона экватора к эклиптике. За начало истинных солнечных суток принимается момент верхней кульминации центра видимого Солнца, называемый *истинным полднем*. Истинное солнечное время равно часовому углу центра истинного Солнца. Оно может быть определено *солнечными часами* различного устройства.

Весьма затруднительно построить часовой механизм, который всегда точно показывал бы истинное солнечное время. Астрономы ввели счет времени по некоторому воображаемому *среднему солнцу*, которое равномерно движется по экватору. Промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями этого воображаемого среднего солнца называется *средними солнечными сутками*. Момент пересечения центром *среднего солнца* меридиана над горизонтом называется *средним полуднем*. Средние солнечные сутки долгое время отсчитывались от полудня, но с 1925 г. астрономы перешли на *гражданский счет времени*, в котором начало суток считается с полуночи (т. е. с момента нижней кульминации среднего солнца). Среднее солнечное время (считаемое от полуночи) на гринвичском меридиане часто называют *всемирным*, или *мировым временем* и обозначают UT (таким образом, и истинные и средние солнечные сутки начинаются в момент нижней кульминации солнца).

Всемирное время выводилось в итоге обработки в Международном Бюро Времени в Париже из определений времени во многих обсерваториях мира и ряда специальных Служб Времени.

В космическую эру назрели радикальные перемены в методах решения проблем определения точного времени и изучения колебаний географических широт. На базе применения радиоинтерференционных измерений далеких источников, а также лазерных наблюдений с целью детального изучения движений Луны и доплеровских определений движений искусственных спутников Земли (ИСЗ) при использовании атомных стандартов частоты (атомных и молекулярных часов) вместо Международной Службы Широты и Международного Бюро Времени организована новая Международная программа Службы Вращения Земли, объединяющая соответствующие национальные организации и астрономические обсерватории. Новая программа решением 19-й Генеральной Ассамблеи Международного астрономического союза (МАС) в ноябре 1985 г. в Дели была введена в действие с 1 января 1988 г.

Эта реформа предпринята в полном согласии с Международным Геодезическим и Геофизическим Союзом, Международным Радиосоюзом, а также с Международным Бюро Мер и Весов.

Разность среднего и истинного времени, никогда не превышающая $16{,}5^m$, называется *уравнением времени*

$$\eta = t_{ср} - t_{ист}. \qquad (68)$$

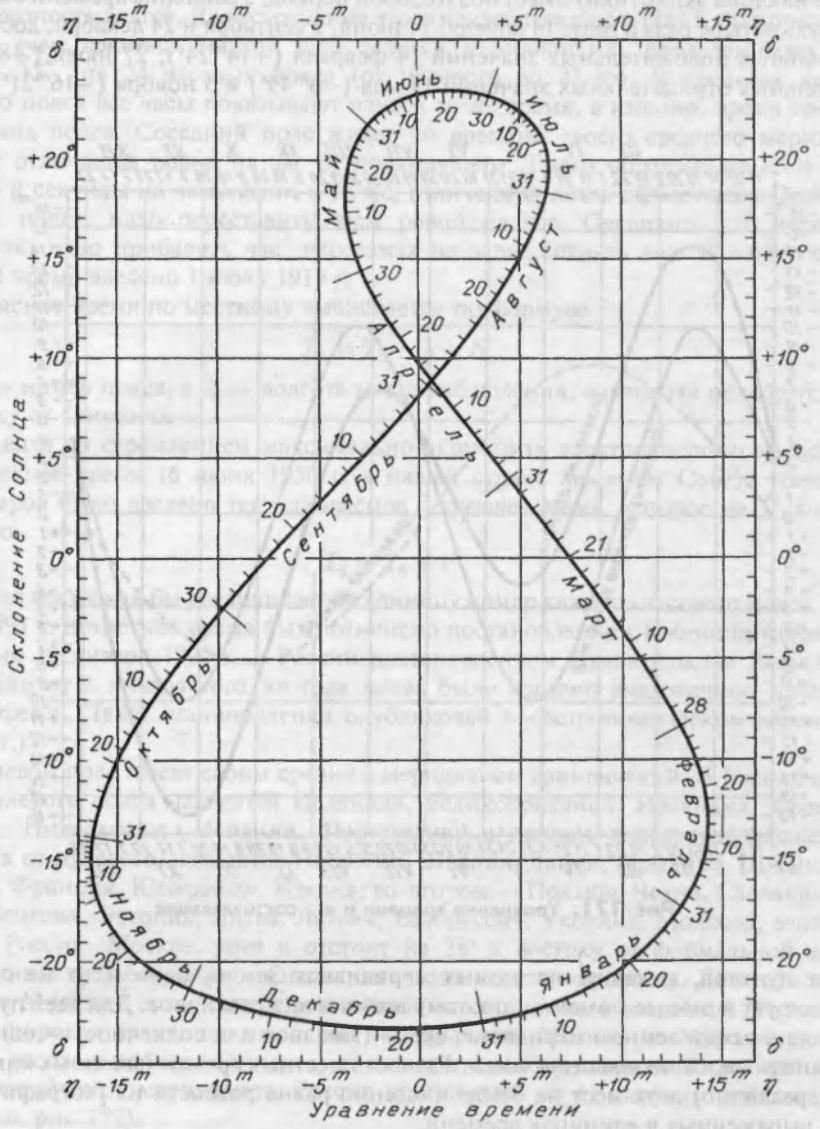


Рис. 170. Номограмма для определения склонения Солнца δ и уравнения времени η. *Пример:* 30 сентября $\delta_\odot = -2{,}5°$, $\eta = +9{,}8^m$. Кривая на этой номограмме («восьмерка») называется *аналемма*

Иначе говоря, уравнение времени есть величина, которую надо прибавить (с ее знаком) к истинному времени, чтобы получить среднее время [5]. В астрономических ежегодниках даются значения уравнения времени в полдень на меридиане Гринвича для каждого дня. С достаточной точностью можно определить его по рис. 170. Характерная кривая уравнения времени (*аналемма* или «двугорбый верблюд»; рис. 171) слагается из двух почти синусоидальных кривых: первая (зависящая от неравномерности движения Земли по орбите) имеет годичный период, а вторая (отражающая влияние наклона эклиптики) имеет полугодовой период. Уравнение времени обращается в нуль четыре раза в году: 14 апреля, 14 июня, 2 сентября и 24 декабря; достигает максимальных положительных значений 14 февраля ($+14^m24^s$), 27 июля ($+8^m20^s$), максимальных отрицательных значений 15 мая (-3^m49^s) и 3 ноября (-16^m21^s).

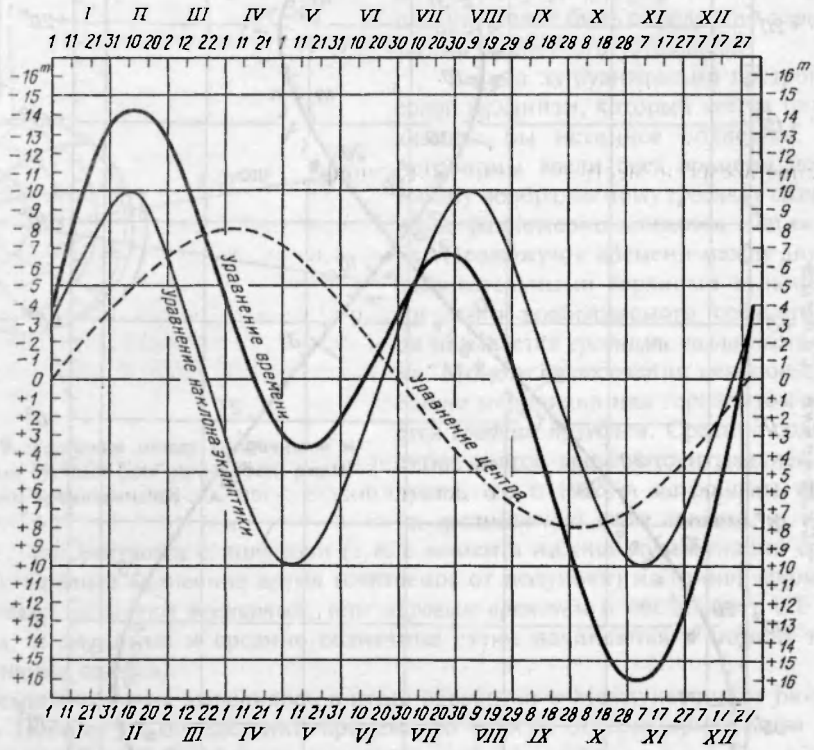


Рис. 171. Уравнение времени и его составляющие

Для пунктов, лежащих на разных меридианах Земли, одно и то же светило кульминирует в разные моменты, поэтому время в них различное. Для всех пунктов, лежащих на одном земном меридиане, время (звездное или солнечное) — одно и то же; оно называется *местным временем*. Разность местных времен (звездных или средних, безразлично) двух мест на Земле численно равна разности их географических долгот, выраженных в единицах времени.

[5] Некоторые астрономические календари и 4-е издание «Справочника» дают $\eta = t_{\text{ист}} - t_{\text{ср}}$, т. е. уравнение времени в них имеет противоположный знак.

Наличие в каждом населенном пункте Земли своего, местного времени создавало бы большие неудобства, особенно для железнодорожного транспорта и для телеграфной и радиосвязи. Железнодорожники и связисты преодолевают это неудобство тем, что на всей территории нашей страны на вокзалах и на телеграфе работают по московскому времени. До 1919 г. их ставили по «петербургскому (петроградскому) времени», которое было временем на пулковском меридиане.

Однако для обыденной и деловой жизни было бы непривычно и неудобно, скажем, во Владивостоке ($\lambda = 8^h47^m31^s$) пользоваться временем Москвы: слишком велика разность долгот. Для устранения этого неудобства еще в 1884 г. был предложен *поясной счет времени*. Земной шар делится меридианами, проведенными через каждый 15°, на 24 часовых пояса (от нулевого до 23-го). В пределах данного часового пояса все часы показывают одно и то же время, а именно, время среднего меридиана пояса. Соседний пояс живет по времени своего среднего меридиана, которое отличается ровно на час от предыдущего. Таким образом, на всей Земле минуты и секунды на часах одни и те же, отличаются лишь целые часы. Пересекая границу пояса, надо переставить часы ровно на час. Очевидно, что переезжая на восток, надо прибавить час, переезжая на запад, отнять час. В нашей стране поясное время введено 1 июля 1919 г.

Поясное время по местному вычисляется по формуле

$$T_п = T_м - \lambda + N, \tag{69}$$

где N — номер пояса, а λ — долгота места наблюдения, считаемая положительной к востоку от Гринвича.

В связи со стремлением максимально экономить электроэнергию на освещение в летнее время 16 июня 1930 г. в нашей стране декретом Совета Народных Комиссаров было введено так называемое *декретное время*, которое на 1^h впереди поясного:

$$T_д = T_п + 1^h. \tag{70}$$

Такое время как бы увеличивает на единицу номер каждого часового пояса. 4 февраля 1991 г. декретное время было отменено постановлением Кабинета министров СССР, но 19 января 1992 г. в России постановлением Правительства Российской Федерации от 8 января того же года вновь было введено аналогичное «опережающее» время. (Текст постановления опубликован в «Астрономическом календаре» на 1993 г.)

Нулевой пояс имеет своим средним меридианом гринвичский. В Европе в пределах нулевого пояса находятся Исландия, Великобритания, Ирландия, Франция, Бельгия, Нидерланды, Испания, Португалия; в первом поясе, расположенном на восток от нулевого, находятся Норвегия, Швеция, Дания, Германия, Швейцария. Бельгия, Франция, Югославия, Италия; во-втором — Польша, Чехия, Словакия, Австрия, Венгрия, Эстония, Литва, Латвия, Белоруссия, Украина, Молдова, западные районы России. Москва, хотя и отстоит на 28^s к востоку от формальной западной границы третьего часового пояса, отнесена ко второму поясу. Для того чтобы включить Москву и ее окрестности во второй часовой пояс, в восточной его границе сделана широкая излучина, доходящая на параллели Москвы до Мурома. Вообще границы часовых поясов часто следуют естественным или политическим границам, иногда отступая от меридианов. Россия протянулась по 11 часовым поясам (со II по XII; см. рис. 172).

Начиная с 1981 г. в целях «экономии топливно-энергетических ресурсов» часы в стране переводились в марте на 1 час вперед и в сентябре на 1 час назад. Для удобства такой перевод стрелок осуществляется в 2 часа ночи последнего воскресенья

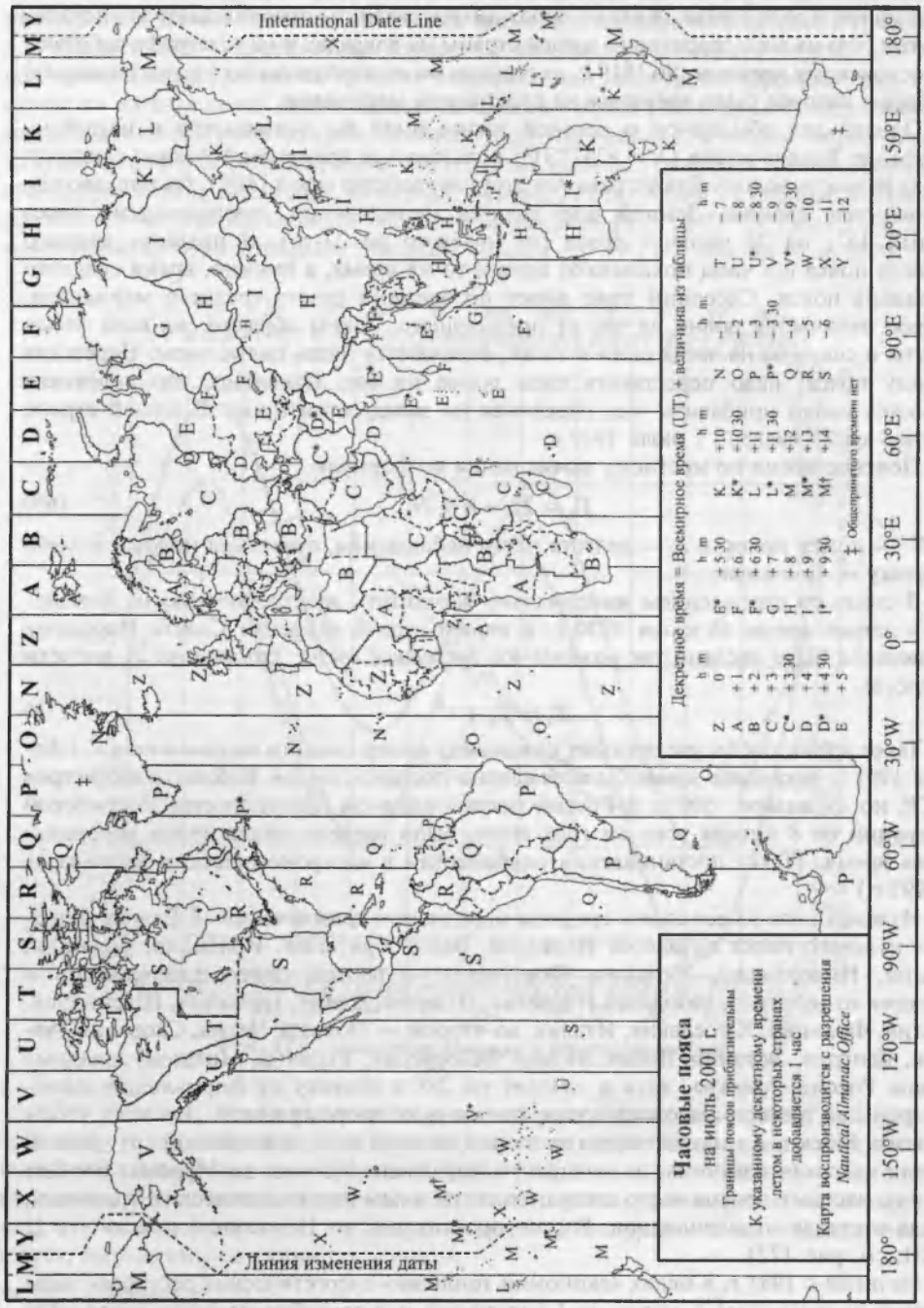


Рис. 172. Всемирная карта часовых поясов

марта и в 3 часа последнего воскресенья сентября (начиная с 1996 г. — октября). Это «летнее время» вводится во многих странах мира. В России подобный перевод времени подтвержден в том же постановлении от 8 января 1992 г.

3.2.3. Международная линия изменения даты

Человек, вернувшийся к отправному пункту из кругосветного путешествия с запада на восток, убеждается в том, что он по своему счету времени опередил местных жителей на одни сутки. Человек, совершающий путешествие в западном направлении, теряет одни сутки. Отчего это происходит? Где на Земле впервые появляется новая дата? Международным соглашением была введена *линия изменения даты*. Она проходит в океане, по меридиану, имеющему долготу 180°, местами отклоняясь от него, огибая группы островов, мысы и т. д. На этой линии в полночь по времени XII часового пояса впервые появляется на Земле новое число. Таким образом, Новый год в России первым встречает остров Ратманова в Беринговом проливе и жители Наукана и Уэллена на восточной оконечности Азиатского материка (близ мыса Дежнева). При переезде линии изменения даты с запада на восток (например, из Азии в Америку) путешественникам приходится два раза считать одно и то же число, а при обратном переезде пропускать одно число. Рис. 173 схематически показывает

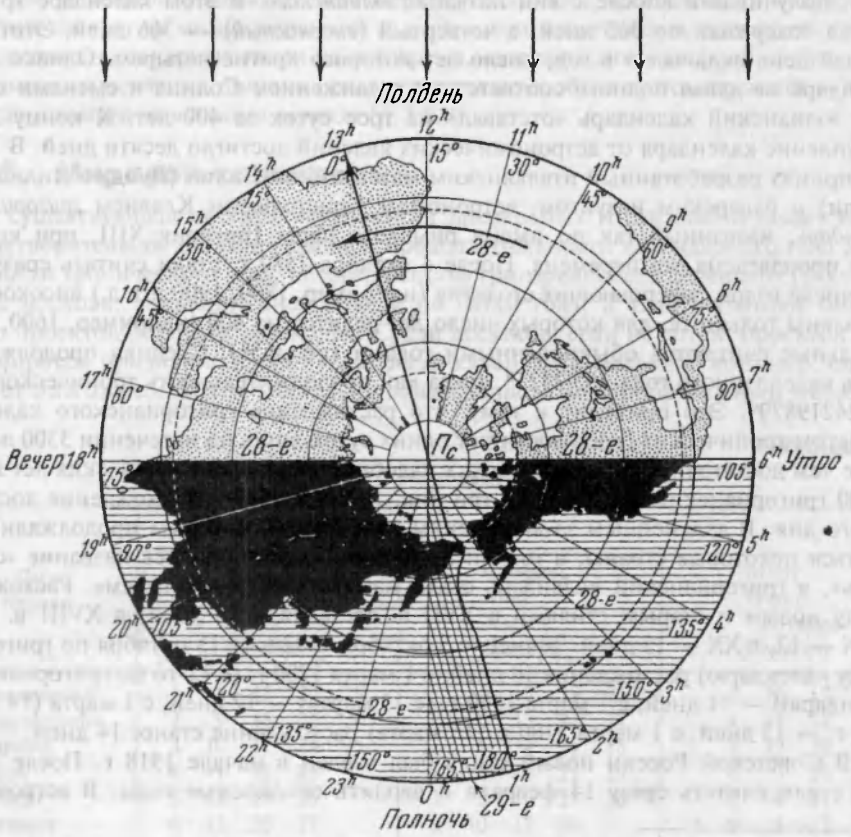


Рис. 173. Смена дат на Земле

вращающуюся под лучами Солнца (стрелки наверху) Землю. Стрелкой от $П_с$ вверх показан гринвичский меридиан, ее продолжение за $П_с$ вниз — линия изменения дат. В Гринвиче, например, 13^h 28-го числа, а на линии дат уже 1^h 29-го числа.

3.2.4. Календарь

Календарь — система счисления больших промежутков времени. Единицей времени в современном календаре является *тропический год*, в течение которого завершается полный цикл изменений склонения Солнца и, следовательно, полная смена времен года — основы хозяйственной жизни людей.

Задача создания календаря встала еще в древности. Сложность этой проблемы заключается в том, что тропический год и средние солнечные сутки несоизмеримы, тогда как календарный год, естественно, должен содержать целое число суток. В древности (а в календаре некоторых мусульманских стран и теперь) большое значение как календарная единица имел синодический лунный месяц[6]. Но и он не содержит целого числа суток (29,5306) и сам несоизмерим с тропическим годом.

Древнеегипетский календарь в разные эпохи истории Египта содержал в году ровно 360 дней, затем 365 дней, а позже 365,25 дня. В 46 г. до н. э. Юлием Цезарем был введен в Риме календарь, разработанный астрономом Созигеном из Александрии, получивший впоследствии название *юлианского*. В этом календаре три года подряд содержали по 365 дней, а четвертый (*високосный*) — 366 дней. Этот добавочный день включался в год, число лет которого кратно четырем. Однако и этот календарь не давал полного соответствия с движением Солнца и сменами времен года: юлианский календарь «отставал» на трое суток за 400 лет. К концу XVI в. отступление календаря от астрономических явлений достигло десяти дней. В 1582 г. был принят разработанный итальянским математиком Лилио (Луиджи Лилио Джиральди) и баварским иезуитом, астрономом Кристофером Клавием *григорианский календарь*, названный так по имени римского папы Григория XIII, при котором была произведена эта перемена. После 4 октября 1582 г. стали считать сразу 15-е, а из числа годов, завершающих столетия (например, 1800, 1900 и т. д.) високосными оставлены только те, для которых число лет делится на 400 (например, 1600, 2000). Остальные считаются обыкновенными годами (по 365^d). Средняя продолжительность календарного года $365{,}2425^d$, тогда как продолжительность тропического года $365{,}24219879^d$. Это приводит к тому, что расхождение григорианского календаря со счетом тропических годов достигает одних суток лишь по истечении 3300 лет, что более чем достаточно для практических надобностей. 10 000 тропических лет короче 10 000 григорианских лет всего на три дня. Лишь к 4317 г. расхождение достигнет одного дня. В дальнейшем за юлианским календарем, которым продолжали пользоваться некоторые страны, в том числе и Россия, установилось название «старый стиль», а григорианский календарь стали называть «новым стилем». Расхождение между новым и старым стилями в XVII в. составляло 10 дней, в XVIII в. — 11, в XIX — 12, в XX — 13 дней. Точнее, с 5 октября 1582 г. (с 15 октября по григорианскому календарю) расхождение 10 дней, с 1 марта 1700 г. (с 12-го по григорианскому календарю) — 11 дней, с 1 марта 1800 г. (с 13 марта) — 12 дней, с 1 марта (14 марта) 1900 г. — 13 дней, с 1 марта 2100 г. (15 марта) расхождение станет 14 дней.

В Советской России новый стиль был введен в начале 1918 г. После 31 января стали считать сразу 14 февраля и вводить високосные годы. В астрометрии

[6] Отсюда пошло условное деление календарного года на двенадцать месяцев, которые теперь уже не связаны с движением Луны.

и теоретической астрономии за начало календарного счета времени используют начало *бесселева года*. Это момент, когда средняя долгота Солнца, уменьшенная на постоянную аберрации (20,50″ по Ньюкому), достигает 280°0′0″ ($\alpha = 18^h40^m$). Начало бесселева года (иначе, *фиктивного года*, или annus fictus) дается каждый год в астрономических календарях и приходится на промежуток времени между янв.0 и янв.2; обозначается номером года и нулем десятых, например, 1970,0. Оно одно для всей Земли, тогда как календарный год наступает в разных местах в разное время.

Эрой какого-нибудь *календаря* называется принятое в нем начало счета годов. У разных народов и в различные времена существовали свои календарные системы и свои начала счета годов (см. книгу И. А. Климишина «Календарь и хронология», с. 317–341 3-го издания). Современный наш календарь использует как эру дату «рождение Христа». Она была вычислена монахом Дионисием Малым через 525 лет после этого события. Однако до 1431 г. римско-католическая церковь все даты отсчитывала от «сотворения мира». В России счетом лет «от сотворения мира», относя его на 5508 год до н. э., пользовались до 1700 г. Начало года в России до XV в. считали с 1 марта, а с XV в. до 1700 г. с 1 сентября. Петр I перенес начало года на 1 января. В настоящее время в международных отношениях и в научных вопросах все народы мира употребляют григорианский календарь и условную эру от «рождества Христова». В гражданском счете лет — перед «первым годом н. э.» находится «первый год до н. э.». В астрономическом счете первому году н. э. предшествует нулевой год, который следует за минус первым и т. д. Это дает возможность сохранить правило определения високосных годов на все время, охватываемое историей человечества. Астрономы и историки широко пользуются также особым счетом времени — в днях так называемого *юлианского периода* (п. 5.8.2).

3.2.5. Мировой календарь

Хотя существующая система чередования високосных годов обеспечивает вполне удовлетворительное согласие средней продолжительности календарного года и длительности тропического года, несовершенства григорианского календаря (различная длина месяцев, смещение дней недели по датам года, и т. д.) вызывают большое число проектов реформы календаря. Среди десятков, если не сотен, проектов получил широкое признание проект «Мирового календаря», введение которого, однако, требует одновременного согласия подавляющего большинства стран мира.

Таблица XXV

Проект единого Мирового календаря

Дни недели	Месяцы		
	Январь Апрель Июль Октябрь	Февраль Май Август Ноябрь	Март Июнь Сентябрь Декабрь
Воскресенье	1 8 15 22 29	5 12 19 26	3 10 17 24
Понедельник	2 9 16 23 30	6 13 20 27	4 11 18 25
Вторник	3 10 17 24 31	7 14 21 28	5 12 19 26
Среда	4 11 18 25	1 8 15 22 29	6 13 20 27
Четверг	5 12 19 26	2 9 16 23 30	7 14 21 28
Пятница	6 13 20 27	3 10 17 24	1 8 15 22 29
Суббота	7 14 21 28	4 11 18 25	2 9 16 23 30

В «Мировом календаре» кварталы имеют одинаковую продолжительность по 91 дню; год и каждый квартал начинаются с воскресенья, каждый месяц имеет по 26 рабочих дней. Эти удобства достигнуты тем, что помимо 364 дней, составляющих ровно 52 недели, в календарь вводится один, а в високосном году два нерабочих дня, не имеющих ни даты, ни обозначения дня недели. После 30 декабря следует «День нового года», после 30 июня високосного года — «День високосного года», оба без дня недели и даты. Табель-календарь, годный для любого года, может быть сведен к весьма краткой таблице (табл. XXV) — какая громадная экономия ресурсов человечества на ежегодное составление и печатание самых разнообразных календарей на каждый год! Среди трудностей введения нового мирового календаря мы уже указывали на необходимость его одновременного принятия всеми (или почти всеми) народами мира.

§ 3.3. Прецессия. Нутация

3.3.1. Прецессия

Солнце совершает свой путь по эклиптике и возвращается к точке весеннего равноденствия за 365,2422 средних солнечных суток. Это — *тропический год*. Он немного меньше *звездного года* [7] (365,2564^d), так как точка весеннего равноденствия движется вдоль эклиптики навстречу Солнцу, т. е. с востока на запад. Это явление, открытое еще Гиппархом (180–110 гг. до н. э.), называется *прецессией*, или *предварением равноденствий*.

Прецессия объясняется тем, что Земля не шар, а сфероид, сплюснутый у полюсов (рис. 174). Схематически можно представить себе Землю состоящей из шарового тела K и экваториального кольца AA'. Находясь близ эклиптики, Луна и Солнце

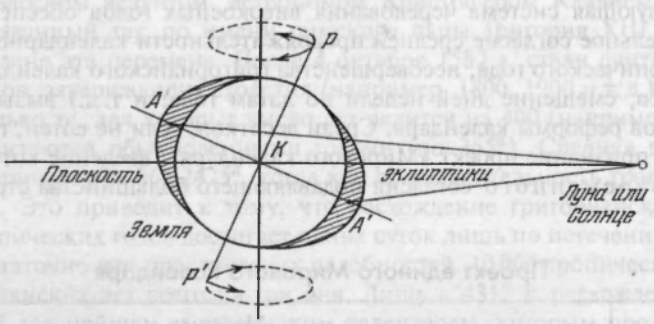


Рис. 174. Объяснение прецессии

не всегда лежат в плоскости симметрии AA'. Часть A' экваториального кольца, которая в данный момент расположена ближе к Луне или Солнцу, притягивается сильнее, чем A. Это создает пару сил, стремящуюся повернуть ось вращения PP' в указанном стрелками направлении. Из теоретической механики известно, что в итоге ось вращения PP' будет стремиться перемещаться в направлении, перпендикулярном к направлению пары сил, и описывать в пространстве конус с вершиной в центре Земли, а полюс мира будет описывать на небесной сфере малый круг с центром

[7] Звездный год определяется возвращением Солнца в его видимом движении по небосводу к тому же расположению относительно звезд.

в полюсе эклиптики, находясь от него на расстоянии $\varepsilon = 23{,}5°$. Соответственно и Υ скользит вдоль эклиптики, смещаясь к западу на 50,39″ в год. Это *лунно-солнечная прецессия*. На долю Солнца приходится 15,9″, на долю Луны 34,5″. Кроме того, некоторое смещение точки весеннего равноденствия вызывается совокупным действием притяжения планет на Землю (*прецессия от планет*). В этом случае сплюснутость Земли не играет роли — планеты притягивают всю Землю в целом, несколько изменяя ее орбиту, т. е. меняя положение самой плоскости эклиптики и положение полюса эклиптики среди звезд (см. пунктирную дугу в центре рис. 175). Прецессия от планет смещает точку весеннего равноденствия к востоку на 0,105″ в год. Под действием общей прецессии точка весеннего равноденствия смещается к западу на 50,29″ в год или на 1° в 71,6 года, совершая полный оборот за 25 770 лет (Платонов год). С таким же периодом полюс мира делает полный оборот вокруг полюса эклиптики. Так как полюс эклиптики также движется по небесной сфере (показано пунктиром и стрелкой в центре рис. 175), полюс мира описывает, строго говоря, не малый круг, а более сложную спиралевидную кривую. В настоящее время

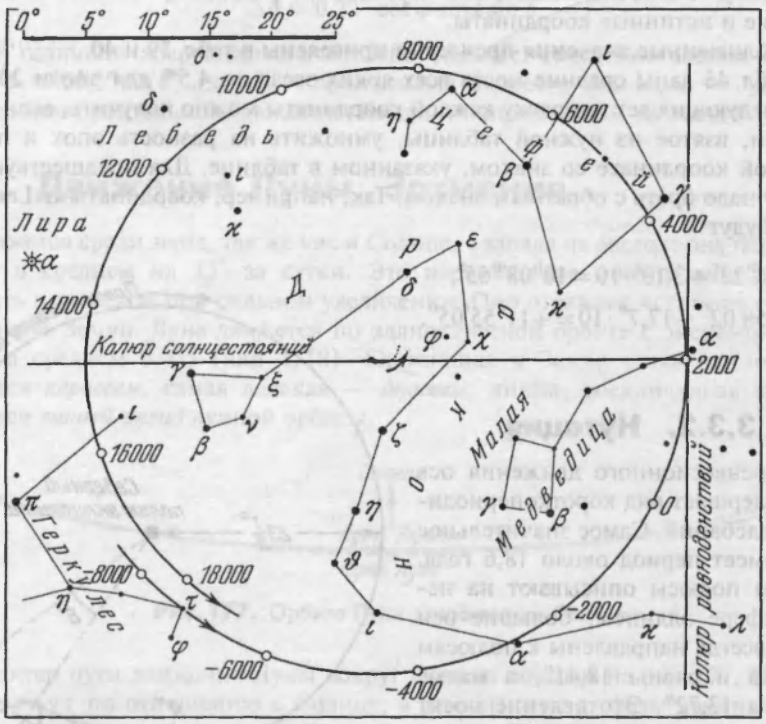


Рис. 175. Движение северного полюса мира среди звезд за 26 тыс. лет

северный полюс мира приближается к Полярной звезде; в 2102 г. расстояние между ними будет только 27,5′, а затем полюс мира будет уходить от Полярной, и через 7500 лет это название с большим правом будет носить α Cep, а через 13 500 лет — Вега (α Lyr). В 2600 г. до н. э. Тубан (α Dra) был на расстоянии всего 10′ от полюса. Соответственно перемещается и южный полюс мира. При всех этих расчетах надо принимать во внимание влияние собственного движения μ на положение звезд.

Наклон экватора к эклиптике (ε) под влиянием прецессии от планет испытывает небольшие колебания векового характера, меняясь в пределах от 21°59′ до 24°36′. В настоящее время (конец 2000 г.) $\varepsilon = 23°26'21{,}0''$ и непрерывно уменьшается на 0,471″ в год. Кроме того, положение самой плоскости эклиптики испытывает периодические колебания, изменяясь по отношению к плоскости земной орбиты с амплитудой до 4° за промежутки времени в ~70 тыс. лет.

Вследствие прецессии непрерывно изменяются экваториальные координаты звезд α и δ, а также их эклиптическая долгота λ. Поэтому при указании координат светил необходимо отмечать, к какому году, или, как говорят, к *эпохе* какого *равноденствия* они относятся. Обыкновенно пользуются так называемыми *средними координатами* начала года, отнесенными к равноденствию какого-нибудь года. Так, например, в «Атласе звездного неба» А. А. Михайлова (изд. 1974 г.) положение всех звезд до $6{,}5^m$ отнесено к эпохе 1950 г. Для вычисления координат при переходе от одной эпохи к другой можно пользоваться точными или приближенными формулами прецессии, либо специальными таблицами. Для звезд с заметным собственным движением μ и заметным годичным параллаксом p нужно учитывать и их влияние на средние и истинные координаты.

Приближенные значения прецессии приведены в табл. 39 и 40.

В табл. 46 даны средние места всех ярких звезд до $4{,}5^m$ для эпохи 2000,0. Для всех последующих лет поправку каждой координаты можно получить, если значение прецессии, взятое из нужной таблицы, умножить на разность эпох и прибавить к исходной координате со знаком, указанном в таблице. Для предшествующих лет поправку надо брать с обратным знаком. Так, например, координаты α Leo (Регула) в 2010,0 будут

$$\alpha = 10^h08^m23^s + 3{,}19^s \cdot 10 = 10^h08^m55^s,$$
$$\delta = +11°58'02'' - 17{,}7'' \cdot 10 = +11°55'05''.$$

3.3.2. Нутация

Кроме прецессионного движения ось Земли совершает ряд короткопериодических колебаний. Самое значительное из них имеет период около 18,6 года. При этом полюсы описывают на небесной сфере эллипсы, большие оси которых всегда направлены к полюсам эклиптики и равны 18,41″, а малые оси равны 13,72″. Это явление носит название *нутации* (открыта Брадлеем в 1737 г., опубликовано в 1748 г.). *Постоянная нутации*, равная большой полуоси нутационного эллипса, составляет 9,20″ (рис. 176); иначе говоря, наклон экватора к эклиптике ε испытывает периодические колебания с размахом 9,20″. Явление нутации вызывается притяжением Луны экваториальной

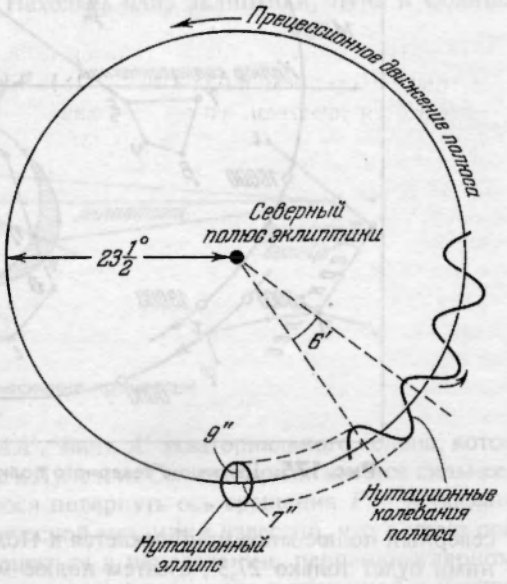


Рис. 176. Нутационное движение земной оси (схематически; масштаб нутационных колебаний сильно преувеличен)

области Земли в сочетании с наклоном лунной орбиты. Таким образом, нутация зависит от расположения Луны и Солнца относительно плоскости земного экватора. Период нутации совпадает с периодом обращения линии узлов лунной орбиты (§ 3.4) и равен 18,6 года.

Следовательно, если к *средним координатам* звезды, даваемым в ежегодниках (или в каталогах) для момента начала бесселева года, прибавить поправку за прецессию (включая влияние собственного движения μ) и за нутацию за протекшую часть года, то получим *истинные координаты* звезды в данный момент. Если теперь ввести поправку за *годичную аберрацию*, то получим *видимые координаты*, с которыми можно сравнивать результаты наблюдений (в них надо предварительно ввести поправки за *рефракцию* и за *суточную аберрацию*). Суточная аберрация (видимое смещение к востоку) достигает максимального значения 0,32″ в случае звезды, находящейся в меридиане для наблюдателя на экваторе Земли, и равна нулю для наблюдателей у полюсов. Влияние суточной аберрации на α и δ:

$$\Delta\alpha = 0{,}32'' \cos\varphi \cos t \sec\delta,$$
$$\Delta\delta = 0{,}32'' \cos\varphi \sin t \sin\delta.$$

Влияние годичной аберрации значительно сильнее: смещение звезды составляет $(v/c)\sin\theta \approx 20{,}5'' \sin\theta$, где v — орбитальная скорость Земли, θ — угол между направлением орбитального движения Земли и направлением на звезду.

§ 3.4. Движение Луны. Затмения

Луна движется среди звезд, так же как и Солнце, с запада на восток; она перемещается по небу в среднем на 13° за сутки. Это перемещение можно непосредственно наблюдать в телескоп при сильном увеличении. Оно отражает истинное обращение Луны вокруг Земли. Луна движется по эллиптической орбите с эксцентриситетом, равным в среднем 0,055 (или 1/18). Ближайшая к Земле точка лунной орбиты называется *перигеем*, самая далекая — *апогеем*; линия, соединяющая эти точки, называется *линией апсид* лунной орбиты.

Рис. 177. Орбита Луны относительно Солнца

Характер пути движения Луны вокруг Солнца показан на рис. 177. Путь Луны всегда вогнут по отношению к Солнцу; в зависимости от фазы изменяется лишь его кривизна. Причина в том, что Солнце притягивает Луну сильнее, чем Земля.

Плоскость лунной орбиты составляет в среднем угол 5°9′ с плоскостью эклиптики. В своем движении по небесной сфере Луна возвращается в прежнее положение относительно звезд (точнее, к той же эклиптической долготе) в среднем за 27,3217 средних суток, т. е. за $27^d7^h43^m12^s$. Это — *сидерический месяц*. Обращаясь вокруг Земли, Луна меняет свой вид, проходя последовательность фаз: новолуние, первую четверть, полнолуние и последнюю четверть. Период полной смены фаз, возвращение Луны к прежнему положению относительно Солнца, называется *синодическим месяцем*; он длиннее сидерического и составляет в среднем 29,5306 суток,

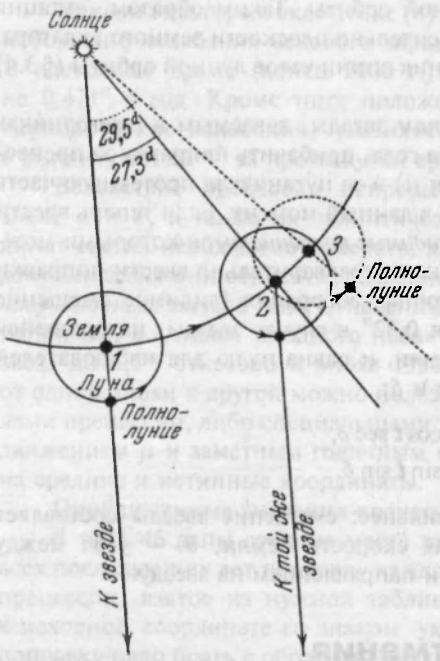


Рис. 178. Различие между синодическим и сидерическим месяцами

т. е. $29^d12^h44^m3^s$. За 27,32 суток, составляющих сидерический месяц, Солнце успевает сместиться на восток примерно на 27°. Луна должна «догнать» Солнце, на что уйдет еще $2{,}21^d$ (рис. 178). Продолжительность сидерического месяца T связана с синодическим месяцем S *уравнением синодического движения*

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E}, \qquad (71)$$

где E — продолжительность звездного года. Из (71) получим:

$$S = \frac{ET}{E-T} \quad \text{и} \quad T = \frac{ES}{S+E}. \qquad (71')$$

Точки пересеченний лунной орбиты с эклиптикой называются *узлами* лунной орбиты. В восходящем узле (Ω) Луна переходит в полусферу, расположенную к северу от эклиптики. Лунные узлы не занимают неизменного положения среди звезд, а смещаются вдоль эклиптики навстречу движению Луны (т. е. с востока на запад) со скоростью примерно 19,3° в год, завершая полный оборот вдоль эклиптики за 6798^d, или 18,61 года. В гринвичскую полночь 1 января 2001 г. долгота восходящего узла лунной орбиты была равна 105,7°. С движением узлов связаны периодические изменения наклона лунной орбиты к плоскости земного экватора (от 18°18′ до 28°36′), что сказывается на условиях видимости Луны в данном месте Земли.

Промежуток времени между двумя последовательными возвращениями Луны к одному и тому же узлу ее орбиты называется *драконическим месяцем*; он равен $27{,}2122^d$. Вследствие возмущения лунной орбиты Солнцем периодически (со средним периодом 173^d) меняется наклон лунной орбиты к эклиптике (от 4°59′ до 5°19′). Апогей и перигей лунной орбиты смещаются по направлению движения Луны, с запада на восток, описывая полный круг вдоль лунной орбиты за 3232^d, или 8,85 года. Долгота перигея лунной орбиты 1 января 2001 г. была равна 124,0°. Каждый год она изменяется на +40,7°. Возвращение Луны к перигею определяет *аномалистический месяц*, он равен $27{,}5546^d$.

С периодом, равным сидерическому месяцу, и с амплитудой ±115 км меняется также большая полуось орбиты.

С движениями линии узлов и линии апсид связана периодичность солнечных и лунных затмений. Теория движения Луны очень сложна; она учитывает не менее четырнадцати причин, вызывающих изменения периодического характера в элементах орбиты Луны и влияющих на ее движение.

3.4.1. Затмения

Одни из наиболее замечательных астрономических явлений — солнечные и лунные затмения. При солнечном затмении с западного края диска Солнца начинается

ущерб, который, увеличиваясь и продвигаясь постепенно на восток, к середине частного затмения достигает наибольшей величины; при полном затмении Солнце на некоторое время полностью загораживается диском Луны, вокруг которого вспыхивает солнечная корона (рис. 39). В зависимости от положения Солнца на небе движение лунного диска может происходить под весьма значительным углом к горизонту, однако всегда от западного края к восточному. Угловые размеры Луны и Солнца почти одинаковы и немного меняются из-за эллиптичности земной и лунной орбит. В некоторых случаях видимый диск Луны оказывается меньше видимого диска Солнца, и даже при центральном затмении (когда в момент середины затмения совпадают центры дисков Луны и Солнца) Луна не загораживает Солнце полностью — вокруг черного диска Луны остается сверкающее кольцо солнечного края (кольцеобразное затмение). В этом случае вершина конуса лунной тени не достигает земной поверхности[8]. Полоса затмения иногда простирается по поверхности Земли на тысячи километров, в основном с запада на восток (см. рис. 180, а также 183, *а* и *б*).

Продолжительность полного затмения, или ширина кольца при кольцеобразном затмении, зависит от соотношения видимых (угловых) размеров дисков Солнца и Луны (рис. 179), что связано с расположением Земли и Луны на их эллиптических орбитах.

Рис. 179. Наибольшие и наименьшие видимые диски Луны и Солнца. От их сочетаний зависит продолжительность и тип затмения (полное или кольцеобразное)

Очевидно, что наибольшая продолжительность полной фазы затмения (7^m41^s) будет в том случае, если в день затмения Земля будет близка к афелию своей орбиты, а Луна близка к перигею. В течение нескольких секунд до полной фазы и нескольких секунд после ее конца можно видеть, как узенький серп Солнца из-за неровности лунного края разбивается на ряд блестящих точек, окружающих диск Луны как ожерелье. Это — *четки Бейли*.

Во время полных солнечных затмений наблюдается *эффект Эйнштейна* — отклонение световых лучей звезд, находящихся близ диска Солнца. Угол отклонения $\alpha = 4G\mathfrak{M}/(c^2 r)$, где $\mathfrak{M}$ — масса Солнца, c — скорость света, r — расстояние луча звезды от центра Солнца, G — гравитационная постоянная. У края диска $\alpha = 1{,}75''$. Проверка эффекта Эйнштейна неоднократно с успехом проводилась учеными.

Лунное затмение начинается появлением ущерба с восточной стороны полной Луны. Она входит (погружается) все больше в тень Земли и в случае полного лунного затмения целиком загораживается Землей от прямых лучей Солнца. Однако часть лучей Солнца, преломляясь в атмосфере Земли, огибает Землю и освещает Луну, придавая ей своеобразную окраску. Густота красного цвета Луны, погруженной в земную тень, зависит от состояния земной атмосферы и находится в несомненной связи с фазой солнечной активности. Часто край земной тени, проецирующийся на поверхность Луны, бывает окрашен в голубовато-зеленые цвета.

Продолжительность лунного затмения зависит от расположения Луны относительно земной тени, а также от размеров земной тени на расстоянии Луны в данный момент по сравнению с размерами самой Луны. В среднем диаметр земной тени на расстоянии Луны в 2 раза больше диаметра Луны. Угловой диаметр

[8] Длина лунной тени меняется от 367 до 380 тыс. км, тогда как расстояние между центрами Земли и Луны — от 356 до 407 тыс. км.

земной тени на расстоянии Луны равен $2(p_{\leftmoon} + p_{\odot} - R_{\odot})$, где $R_{\odot}$ — угловой радиус Солнца (в среднем это 16′). Максимальная продолжительность всего лунного затмения (при центральном затмении, когда в середине явления совпадают центры Луны и земной тени) составляет $3{,}8^{h}$.

Солнечное затмение может произойти, если Солнце находится вблизи лунного узла (не дальше чем на 18° от него). При расстоянии, меньшем 15°, затмение произойдет обязательно. Если Луна «догонит» Солнце в то время, как оно проходит этот участок своего пути, произойдет солнечное затмение. Так как Солнце проходит этот участок в среднем за 36 дней, что больше синодического месяца ($29{,}53^{d}$), то за это время непременно произойдет одно затмение, но могут произойти и два затмения — одно в начале, а другое в конце этого 36-дневного периода. Через полгода Солнце будет проходить такой же участок пути вблизи второго узла — тогда произойдет еще одно или два солнечных затмения (так было в 2000 г. и будет в 2011, 2029, 2047 гг.). Так как узлы лунной орбиты движутся вдоль эклиптики навстречу Солнцу, то Солнце возвращается к тому же узлу раньше, чем пройдет тропический год, — через *драконический год*. Поэтому при особенно благоприятных условиях, когда первые два затмения произойдут в самом начале года, а вторые два в середине, в декабре может произойти еще одно затмение. Таким образом, максимальное возможное число солнечных затмений в году — пять (так было в 1935 г., повторится лишь в 2206 г.), минимальное — два.

Лунное затмение может наступить тогда, когда Солнце находится вблизи одного узла (не дальше 12° от него), а Луна — вблизи другого. В этом случае «зону затмений» Солнце проходит за 24 дня, что короче синодического месяца, поэтому лунное затмение может и вовсе не произойти [9]. Таким образом, в году может не быть ни одного лунного затмения (такие годы бывают примерно каждые пять лет), максимальное же число их — три. Можно еще различать *полутеневые лунные затмения*, когда Луна попадет лишь в полутень Земли. Таких затмений не больше трех в год, но может не быть и ни одного.

Общее число солнечных и лунных затмений в году не может превышать семи: либо пять солнечных и два лунных, либо четыре солнечных и три лунных. Из этого видно, что солнечные затмения не такие уж редкие явления; они бывают в полтора раза чаще лунных.

Почему же за свою жизнь человек видит гораздо больше лунных затмений, чем солнечных? Это происходит оттого, что лунное затмение видно на всей половине Земли, обращенной к Луне, а солнечное только в сравнительно узкой полосе затмения — не шире 270 км (рис. 180). Поэтому для любого места на Земле солнечные затмения происходят в среднем раз в 200–300 лет. Так, например, в Москве ближайшее полное солнечное затмение произойдет лишь 16 октября 2126 г.

Начало солнечного затмения определяется моментом так называемого первого контакта, первого касания, когда диск Луны впервые появляется у западного края Солнца. Момент второго контакта свидетельствует о наступлении полной фазы затмения — восточный край Луны касается восточного края солнечного диска. После третьего контакта кончается полное затмение — у западного края лунного диска появляется очень узкий яркий серп Солнца. В момент четвертого контакта затмение кончается (рис. 181). При кольцеобразном затмении также наблюдаются четыре контакта. Если затмение частное, то, очевидно, контактов будет всего два — первый и последний.

[9] Таким годом без лунных затмений был 1998 г. и будут 2002, 2016 и 2027 гг.

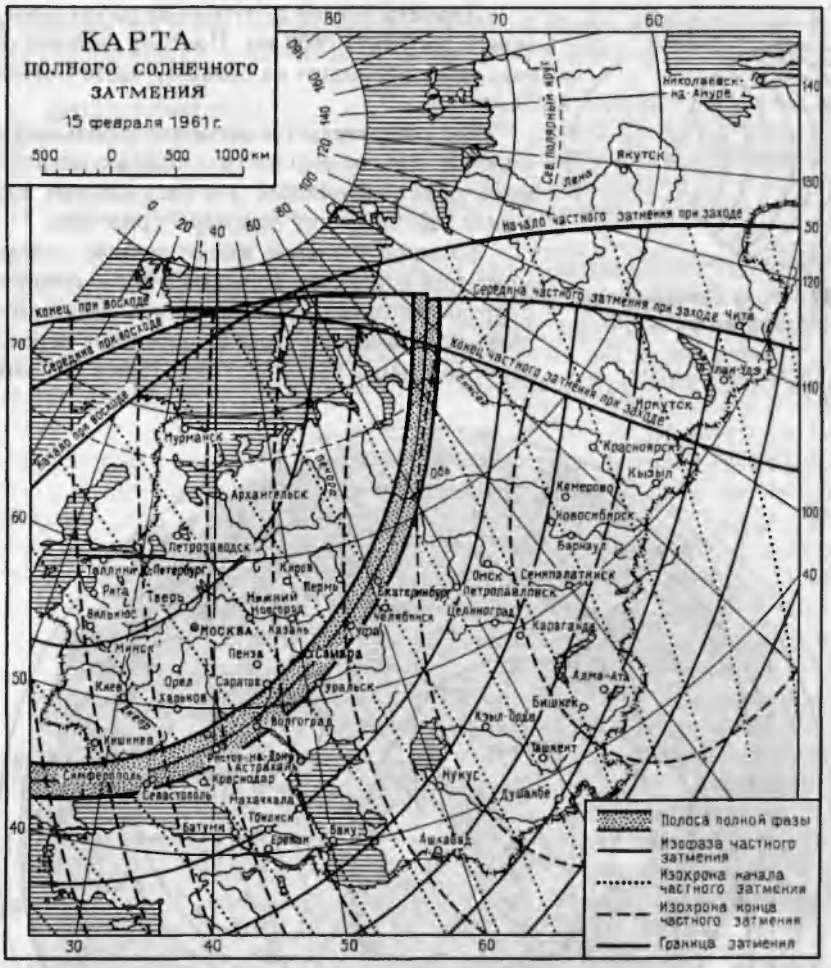


Рис. 180. Часть полосы полного солнечного затмения 15 февраля 1961 г.

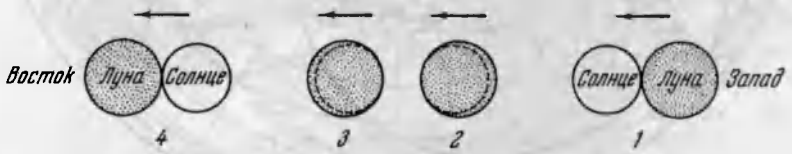


Рис. 181. Четыре контакта полного солнечного затмения (стрелки отмечают направление движения Луны)

Вне пределов узкой полосы видимости полного или кольцеобразного затмений и до границ, описываемых на поверхности Земли северным и южным краями лунной полутени, затмение можно наблюдать только как *частное*. Частное затмение характеризуется *фазой затмения* (отношением закрытой в момент наибольшего затмения части диаметра диска Солнца ко всему диаметру) (рис. 182). На рис. 180 «изофазы» отмечают места на Земле одинаковой максимальной фазы частного затмения.

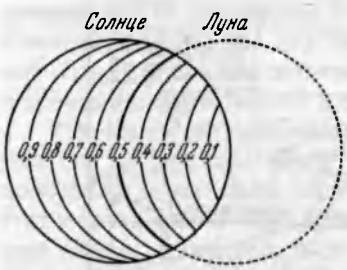


Рис. 182. Фазы солнечного затмения (на рисунке фаза 0,5)

Диаметр лунной полутени на расстоянии Земли может достигать 7000 км. Поэтому частные солнечные затмения видны на большой части поверхности Земли.

Все обстоятельства затмения с большой точностью заранее вычисляются и публикуются в астрономических календарях и в специальных изданиях в виде таблиц и карт (пример — рис. 180).

Большое значение имеют точные определения моментов контактов всех затмений и сравнение их с предвычисленными моментами. Еще астрономы древности заметили строгий порядок в чередовании затмений: через 18 лет 11,3 дня (18 лет 10,3 дня, если

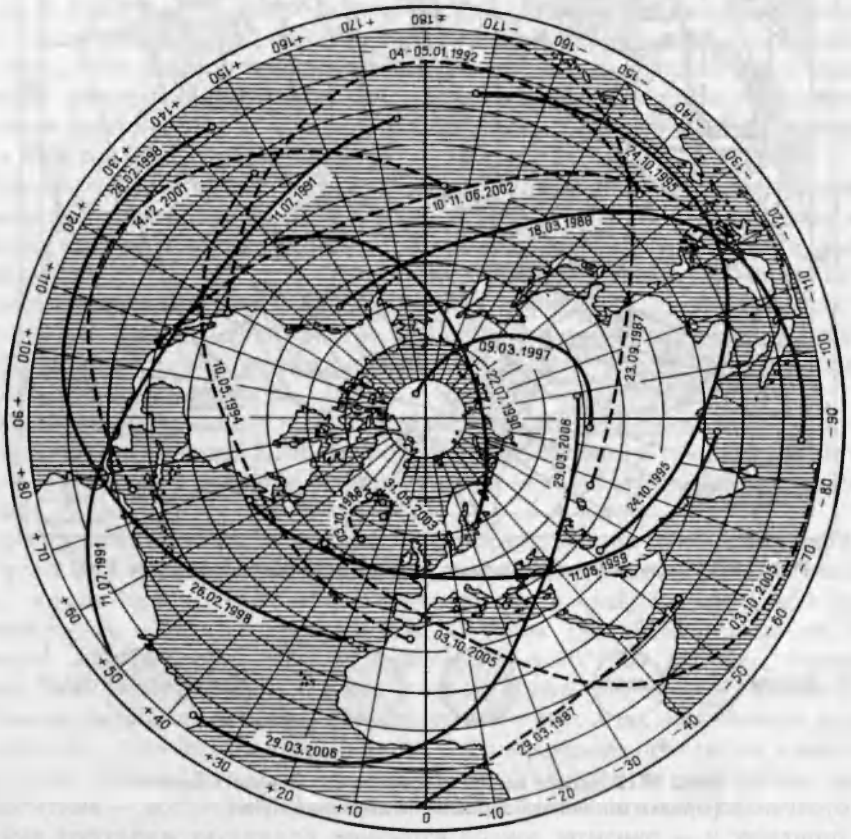


Рис. 183. а. Затмения Солнца с 1936 по 2006 гг. Показаны центральные линии полных (сплошные) и кольцеобразных (штриховые) затмений, светлым кружком обозначено начало затмения при восходе Солнца, темным — конец затмения (сев. полушарие Земли)

за это время было пять високосных годов) солнечные и лунные затмения начинают повторяться в том же порядке, причем по прошествии трех таких периодов затмения

будут наблюдаться вновь примерно в тех же местах Земли. Этот период, называемый *саросом* (по-халдейски — «повторение»), содержит в себе

19	драконических годов	по $346{,}620063^d$	$= 6585{,}780589$	солнечных суток,
223	синодических месяца	по $29{,}530588^d$	$= 6585{,}321146$	солнечных суток,
242	драконических месяца	по $27{,}212220^d$	$= 6585{,}357240$	солнечных суток,
239	аномалистических месяцев	по $27{,}554550^d$	$= 6585{,}537570$	солнечных суток,
18	аномалистических годов	по $365{,}25964134^d$	$= 6574{,}673543$	солнечных суток.

За это время произойдет в среднем 84 затмения (от 78 до 94): 43 солнечных (от 39 до 48) и 28 лунных (от 25 до 30). Эпохи наибольшего и наименьшего числа затмений в саросе повторяются в среднем через 290 лет. Однако так как 223 синодических месяца не в точности составляют 242 драконических (разность между ними 0,04 суток), то обстоятельства затмений не будут повторяться в точности

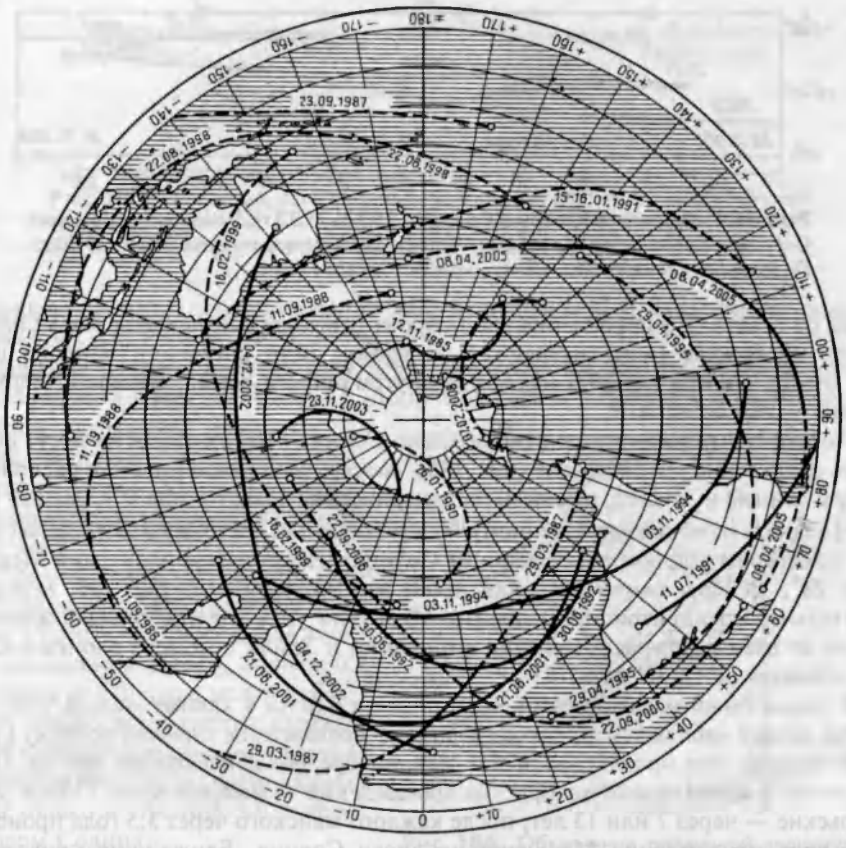


Рис. 183. б. Затмения Солнца с 1985 по 2008 гг. (южное полушарие Земли)

и полосы затмений будут смещаться по поверхности Земли. Кроме того, поскольку в саросе не целое число суток, за 0,3 суток Земли повернется еще на $\sim 120°$.

В табл. 24 приведены солнечные затмения, которые произойдут до 2040 г., а в табл. 20 — лунные затмения за тот же период.

§ 3.5. Движение планет и комет

Видимые движения планет среди звезд зодиакальных созвездий имеют характерные особенности (петли и точки возврата), которые были известны уже древним: *прямое движение* планеты навстречу суточному движению небесного свода сменяется после кажущегося *«стояния» попятным движением*, после чего вновь продолжается прямое движение (рис. 184). Дуга попятного движения меньше у планет, находящихся

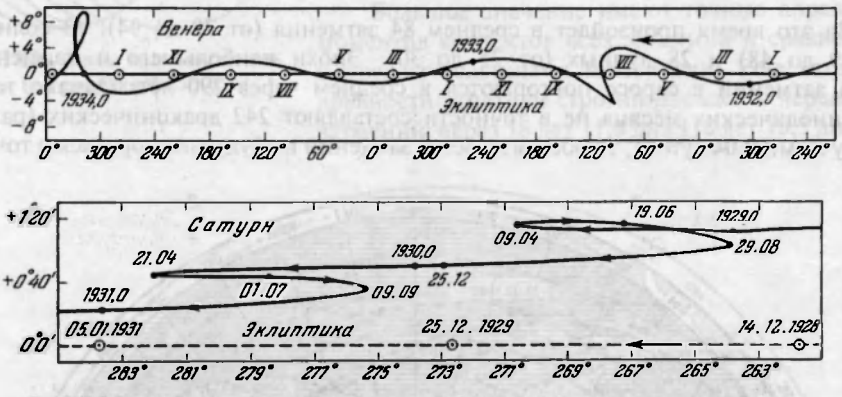


Рис. 184. Движение Венеры и Солнца в 1932–1933 гг. Показано положение Солнца первого числа указанных месяцев. Движение Сатурна в 1929–1930 гг. Положение Солнца лишь вблизи начала каждого года

дальше от Земли. По положению своих орбит относительно орбиты Земли планеты делятся на *нижние* (или внутренние) и *верхние* (или внешние). Нижние планеты — это те, орбиты которых находятся внутри орбиты Земли: Венера и Меркурий. Верхние — все остальные.

По видимому положению относительно Солнца нижние планеты могут образовывать следующие *конфигурации* (рис. 185): *нижнее соединение* (планета расположена между Солнцем и Землей, разность геоцентрических долгот равна 0°), *верхнее соединение* (планета находится за Солнцем) [10], западную или восточную *элонгацию* (планета на некотором угловом расстоянии от Солнца). Наибольшая элонгация Меркурия около 28°, Венеры около 48°. Как легко можно понять из рис. 186, вследствие значительного эксцентриситета орбиты Меркурия угол его наибольшей элонгации зависит от взаимного расположения его орбиты и Земли в момент элонгации. Этот угол меняется от 17°30′ до 27°45′.

В эпохи нижних соединений, если планета близка к какому-нибудь узлу своей орбиты, может наблюдаться редкое явление — *прохождение планеты по диску Солнца*. Для Меркурия это происходит в мае или ноябре раз в несколько лет: за 217 лет происходит 9 майских и 20 ноябрьских прохождений — майские через 13 или 33 года, ноябрьские — через 7 или 13 лет; после каждого майского через 3,5 года происходит ноябрьское прохождение Меркурия по диску Солнца. Ближайшие прохождения Меркурия по диску Солнца: 7 мая 2003 г. и 8 ноября 2006 г. Для Венеры это происходит значительно реже и в следующей последовательности: через 121,5 года, через 8 лет, через 105,5 года, через 8 лет, через 121,5 года и т. д. Последнее

[10] Понятие «соединение» применяется и к любым другим двум светилам, но в этом случае должна быть равна нулю разность прямых восхождений, а не долгот.

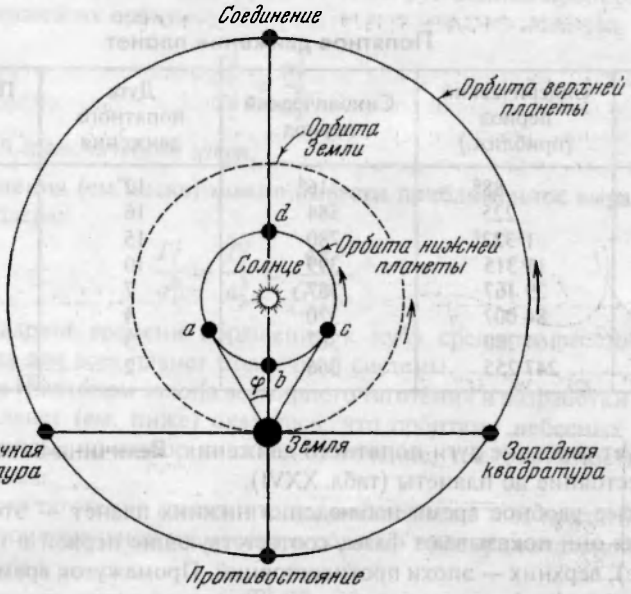


Рис. 185. Планетные конфигурации. Для нижней планеты: a — наибольшая восточная элонгация, b — нижнее соединение, c — наибольшая западная элонгация, d — верхнее соединение, φ — угол элонгации

прохождение Венеры по диску Солнца было 6 декабря 1882 г., ближайшие произойдут 8 июня 2004 г. и 6 июня 2012 г.

Верхние планеты могут находиться в *соединении* с Солнцем, в *противостоянии*, или *оппозиции* (Земля расположена между Солнцем и планетой), в восточной либо западной *квадратуре* (когда направление на планету составляет прямой угол с направлением на Солнце). Элонгация верхней планеты меняется до ±180°.

Прямое движение нижней планеты среди звезд быстрее, чем движение Солнца, поэтому после верхнего соединения планета появляется на востоке от Солнца и может наблюдаться только как вечернее светило. После нижнего соединения наступает западная элонгация, когда планета видна только в утренние часы перед восходом Солнца.

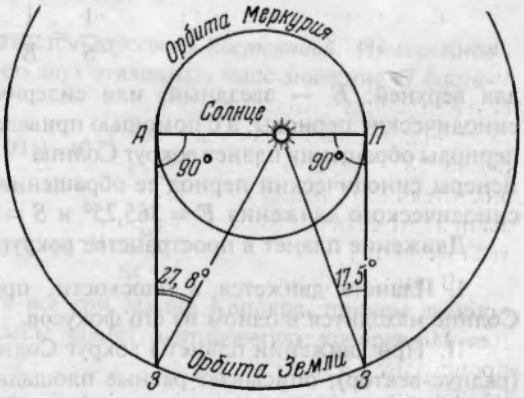


Рис. 186. Объяснение различной величины угла элонгации. $П$ — перигелий, $А$ — афелий орбиты Меркурия

Движения верхних планет среди звезд медленнее движения Солнца, поэтому после соединения планета появляется западнее Солнца. Продолжая свое прямое движение среди звезд на восток, планета все время отстает от Солнца, затем начинает двигаться попятным движением и описывает петлю или зигзагообразную линию. Момент противостояния

Таблица XXVI

Попятное движение планет

Планета	Сидерический период (приближ.)	Синодический период	Дуга попятного движения	Продолжительность попятного движения
Меркурий	88^d	116^d	12°	17^d
Венера	225	584	16	41
Марс	1^a322^d	780	15	70
Юпитер	11 315	399	10	119
Сатурн	29 167	387	7	136
Уран	84 007	370	4	150
Нептун	164 280	367	3	158
Плутон	247 255	366	2	163

соответствует середине дуги попятного движения. Величина петли тем меньше, чем больше расстояние до планеты (табл. XXVI).

Наиболее удобное время наблюдения нижних планет — это эпохи элонгации (в это время они показывают фазы, соответствующие первой и последней четверти лунных фаз), верхних — эпохи противостояний. Промежуток времени S между двумя одноименными конфигурациями (например, между противостояниями) называется *синодическим периодом* обращения планеты. Период полного обращения планеты вокруг Солнца T носит название ее *звездного*, или *сидерического периода* обращения. Их связывает *уравнение синодического движения*, аналогичное лунному:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{E} \tag{72}$$

для нижней планеты и

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T} \tag{73}$$

для верхней: E — звездный, или сидерический год. Из наблюдений получают синодические периоды, а с помощью приведенных уравнений выводят сидерические периоды обращения планет вокруг Солнца [11]. Например, по наблюдениям элонгации Венеры синодический период ее обращения равен $583{,}92^d$. Подставив в уравнение синодического движения $E = 365{,}25^d$ и $S = 583{,}92^d$, получим $T = 224{,}7^d$.

Движение планет в пространстве вокруг Солнца подчиняются *законам Кеплера*:

I. Планета движется в плоскости, проходящей через Солнце, по эллипсу, Солнце находится в одном из его фокусов.

II. При движении планеты вокруг Солнца прямая, соединяющая ее с Солнцем (радиус-вектор), описывает равные площади в равные промежутки времени (*закон площадей*).

[11] Табличные значения синодических периодов обращения планет (табл. XXVI) представляют собой средние значения. Продолжительность какого-либо конкретного периода зависит от эксцентриситетов орбит Земли и планеты и взаимного расположения их больших полуосей. Так, например, средний синодический период Марса 780^d, но в действительности периоды бывают от 765^d до 811^d. С погрешностью не больше 10^d, а большей частью меньше 5^d, синодический период Марса равен $S = 811 - 0{,}27x$, где x — число дней между датой оппозиции и ближайшим 16 июля.

III. Квадраты времен обращения двух планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их орбит:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}. \tag{74}$$

Это так называемый *гармонический закон*.

Из закона тяготения (см. ниже) можно вывести приближенное выражение для третьего закона Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{4\pi^2}{G\mathfrak{M}_\odot}, \tag{74'}$$

т. е. отношение квадрата времени обращения к кубу среднего расстояния есть величина постоянная для всех планет Солнечной системы.

После открытия Ньютоном закона всемирного тяготения и разработки им общей теории движения планет (см. ниже) оказалось, что орбитами небесных тел могут быть не только эллипсы, но любое коническое сечение, т. е. окружность, эллипс, парабола или гипербола.

Закон всемирного тяготения гласит, что все космические тела притягивают друг друга с силой, пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

$$F = G\frac{\mathfrak{M}_1\mathfrak{M}_2}{r^2}, \tag{75}$$

где G — *гравитационная постоянная*, или *постоянная тяготения* — коэффициент, численное значение которого находится в результате очень тонкого физического эксперимента (см. табл. 5). Если массу Солнца принять равной единице, среднее расстояние между Солнцем и Землей за единицу длины и средние солнечные сутки за единицу времени, то численное значение G будет

$$G = 0{,}0002959122083.$$

Величина $k = \sqrt{G} = 0{,}01720209895$ называется *гауссовой постоянной*. Измеренное в физических лабораториях по притяжению двух эталонных масс значение G составляет в системе CGS

$$G = (6{,}672 \pm 0{,}001) \cdot 10^{-8}\ \frac{\text{см}^3}{\text{г} \cdot \text{с}^2}$$

и в системе SI

$$G = (6{,}672 \pm 0{,}001) \cdot 10^{-11}\ \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}.$$

Из закона Ньютона строго выводятся все три закона Кеплера, причем вывод третьего закона Кеплера, учитывающий массы планет, дает формулу, которая ближе соответствует действительности:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{G(\mathfrak{M}_\odot + m)}{4\pi^2} \tag{76}$$

или, в случае сравнения двух планет,

$$\frac{T_1^2}{a_1^3(\mathfrak{M}_\odot + m_2)} = \frac{T_2^2}{a_2^3(\mathfrak{M}_\odot + m_1)}. \tag{76'}$$

Здесь $\mathfrak{M}_\odot$ — масса центрального тела (например, Солнца), а a_1, m_1 и a_2, m_2 — соответственно большие полуоси орбит и массы двух тел, обращающихся вокруг центрального.

Эту формулу можно применить к любым двум телам Солнечной системы, из которых одно обращается вокруг другого, и использовать ее для определения масс планет, имеющих спутники.

Применяя эту формулу к движению Земли вокруг Солнца ($T_1 = 1$ год, $a_1 = 1$ а. е.) и к движению Луны вокруг Земли ($T_2 = 0{,}0748$ года, $a_2 = 0{,}00257$ а. е.), можно составить соотношение

$$\frac{\mathfrak{M}_\odot + m_\oplus}{m_\oplus + m_\text{☾}} \cdot \frac{1^2}{(0{,}0748)^2} = \frac{1^3}{(0{,}00257)^3}. \tag{77}$$

Пренебрегая в числителе массой Земли, малой по сравнению с массой Солнца, а в знаменателе массой Луны, малой по сравнению с массой Земли, получим

$$\frac{\mathfrak{M}_\odot}{m_\oplus} \approx 330\,000. \tag{77'}$$

Зная из лабораторных измерений значение $G = 6{,}672 \cdot 10^{-11}$ н $\cdot$ м^2/кг^2 и ускорения свободного падения $g \equiv Gm_\oplus/R_\oplus{}^2 = 9{,}81$ м/с^2, а из геодезических измерений — радиус Земли $R_\oplus = 6378$ км, найдем массу Земли: $m_\oplus = 5{,}98 \cdot 10^{24}$ кг. Тогда отношение (77') даст нам и массу Солнца $\mathfrak{M}_\odot = 2{,}0 \cdot 10^{30}$ кг.

Применяя эти рассуждения к другой планете с массой m_p, имеющей спутник, можно определить отношение $\mathfrak{M}_\odot/m_p$ и, зная $\mathfrak{M}_\odot$, вычислить m_p. Массу планеты, не имеющей спутников, можно определить лишь из анализа тех *возмущений*, которые эта планета вызывает в движении других планет, комет или пролетающих мимо нее космических аппаратов. Об определении массы Луны см. п. 1.1.1.

Применяя формулу (76) к двойным звездам, либо к двойным галактикам, мы можем получить оценку суммы масс звезд или галактик (п. 1.10.10).

Изучение движения планеты вокруг Солнца в небесной механике носит название задачи двух тел. В общем виде эту задачу можно сформулировать так: два сферических тела (однородные или со сферично-симметричным распределением плотности) с известными массами находятся под действием взаимного тяготения; даны их положения и скорости относительно какой-то системы координат в некоторый момент; каковы будут их расположение и скорости в любой последующий (или были в любой предыдущий!) момент времени? Иначе говоря, каково будет их движение? Ньютон показал, что возможные орбиты в задаче двух тел — это конические сечения; движение происходит под действием центральной силы и подчиняется законам Кеплера.

При движении по эллиптической орбите максимальная линейная скорость (V_max) достигается в точке *перицентра* (при ближайшем расположении тел), а минимальная скорость (V_min) — в точке *апоцентра* (при наиболее удаленном расположении). Если одно из тел значительно массивнее другого ($M \gg m$), то для меньшего тела эти скорости составляют

$$V_\text{max} = \sqrt{\frac{GM}{a} \cdot \frac{1+e}{1-e}} = \sqrt{\frac{GM}{r_\text{p}} \cdot (1+e)},$$
$$V_\text{min} = \sqrt{\frac{GM}{a} \cdot \frac{1-e}{1+e}} = \sqrt{\frac{GM}{r_\text{a}} \cdot (1-e)}, \tag{78}$$

где a — большая полуось эллипса, e — его эксцентриситет, r_a и r_p — расстояния в апоцентре и перицентре. Средняя скорость ($\overline{V}$) достигается на концах малой оси эллипса:

$$\overline{V} = \sqrt{\frac{GM}{a}}.$$

В любой точке эллиптической орбиты на расстоянии r от массивного тела скорость малого тела составляет

$$V = \sqrt{GM\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}. \qquad (79)$$

На круговой орбите ($e = 0$, $r = a$) скорость постоянна; это *круговая ркорость*:

$$V_{\text{circ}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}.$$

Если для M и r принять значения массы и радиуса космического тела, например, планеты, то получим *первую космическую скорость* для этой планеты (V_I). Так, для Земли $V_I = \sqrt{GM_\oplus/R_\oplus} = 7{,}9$ км/с.

На параболической орбите ($e = 1$, $a = \infty$) в любой ее точке тело движется с *параболической скоростью*:

$$V_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{2} \cdot V_{\text{circ}};$$

значение скорости зависит от текущего расстояния. Вычисленная для поверхности планеты (или звезды), эта скорость называется *второй космической скоростью* (V_{II}), а также *скоростью убегания*, *ухода*, *освобождения*, *ускользания* или *критической скоростью*. У поверхности Земли $V_{II} = 11{,}2$ км/с.

Рис. 187 дает пример зависимости формы и расположения орбиты одного тела вокруг другого, принимаемого за неподвижное, от различия в величине (a) или

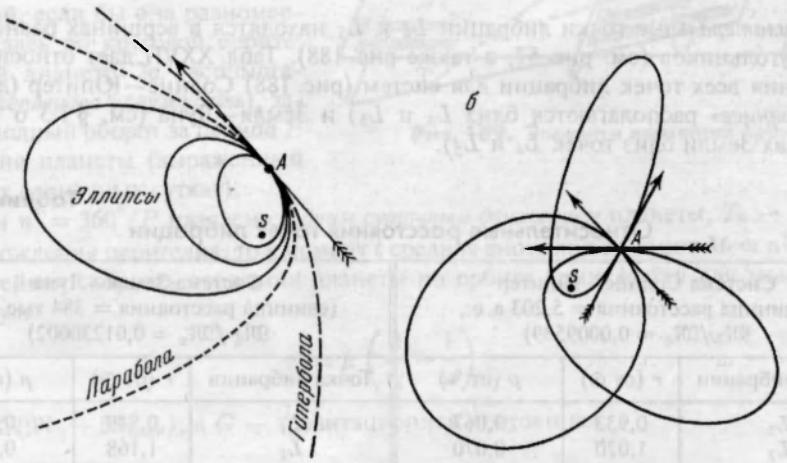


Рис. 187. Орбиты, образующиеся при различных скоростях в точке A, направленных в одну и ту же сторону (а); эллиптические орбиты при различных направлениях равных скоростей в точке A (б)

направления (*б*) скорости в точке *A*. Так, например, если на расстоянии 1 а. е. от Солнца тело имеет скорость меньше 42 км/с, то орбита будет *эллиптической*, больше 42 км/с — *гиперболической*. Скорость 42 км/с называется *параболической* (для этого расстояния), а в космонавтике — *третьей космической*.

Вычисление движения двух тел представляет относительно простую задачу. Пусть теперь даны массы, взаимные расстояния и скорости трех тел в некоторый момент и требуется вычислить их расстояния и скорости в последующие (или предыдущие) моменты времени. Эта «задача трех тел» исключительно сложна. Общего решения ее, годного для практического применения, до сих пор еще не найдено. Только в некоторых частных случаях, например, когда тела движутся в одной плоскости и массой одного из них можно пренебречь по сравнению с массами двух других, получено точное решение задачи. Оно связано с так называемыми *точками либрации*, известными со времен Лапласа (1772 г.). Точки (или центры) либрации L_1, L_2 и L_3 называются *прямолинейными* или, иначе, *коллинеарными*, так как они расположены на прямой, соединяющей центральное тело и его спутник. Положения этих точек либрации зависят от отношения масс двух тел. «Треугольные» или, иначе, *тригональные*

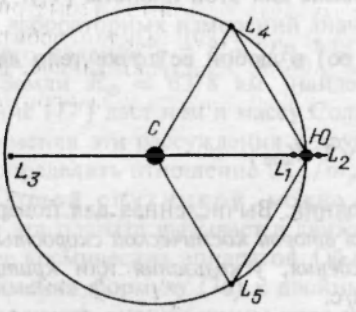


Рис. 188. а. Система Солнце (С) — Юпитер (Ю)

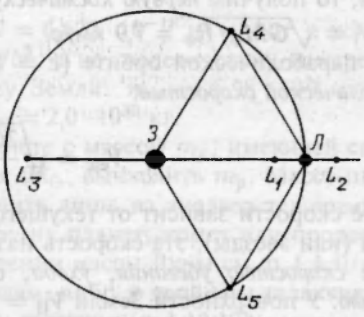


Рис. 188. б. Система Земля (З) — Луна (Л)

или *эквилатеральные* точки либрации L_4 и L_5 находятся в вершинах равносторонних треугольников (см. рис. 57, а также рис. 188). Табл. XXVII дает относительные расстояния всех точек либрации для систем (рис. 188) Солнце—Юпитер (две группы «*троянцев*» располагаются близ L_4 и L_5) и Земля—Луна (см. § 1.3 о пылевых спутниках Земли близ точек L_4 и L_5).

Таблица XXVII

Относительные расстояния точек либрации

Система Солнце—Юпитер (единица расстояния = 5,203 а. е., $\mathfrak{M}_{\text{♃}}/\mathfrak{M}_{\odot} = 0{,}0009539$)			Система Земля—Луна (единица расстояния = 384 тыс. км, $\mathfrak{M}_{\text{☾}}/\mathfrak{M}_{\oplus} = 0{,}01230002$)		
Точка либрации	r (от ⊙)	ρ (от ♃)	Точка либрации	r (от ⊕)	ρ (от ☾)
L_1	0,933	0,067	L_1	0,849	0,151
L_2	1,070	0,070	L_2	1,168	0,168
L_3	0,999	1,999	L_3	0,993	1,993
L_4	1,000	1,000	L_4	1,000	1,000
L_5	1,000	1,000	L_5	1,000	1,000

Задача еще более усложняется, когда мы имеем дело с четырьмя и более телами, как, например, со всей Солнечной системой, состоящей из тысячи тел.

Вычисление орбит и эфемерид тел Солнечной системы чрезвычайно облегчается тем, что масса Солнца примерно в 750 раз больше, чем общая масса всех остальных тел Солнечной системы, а масса даже самой большой планеты — Юпитера — в 1047 раз меньше солнечной. Это позволяет, вычислив приближенную орбиту какого-либо светила в рамках задачи двух тел (*невозмущенное движение*), в дальнейшем учесть сравнительно незначительные *возмущения* этой орбиты притяжением других членов системы (в первую очередь Юпитера и Сатурна) и определить орбиту и движение (*возмущенное движение*) тела с желаемой степенью точности.

Теоретической астрономией подробно разработаны методы вычисления элементов орбит планет и предвычисления эфемерид по данным наблюдений. Последние десятилетия учет возмущений, вычисление орбит и эфемерид проводятся на ЭВМ.

3.5.1. Элементы планетных и кометных орбит

Положение планеты или кометы в пространстве может быть определено с помощью шести элементов ее орбиты, из которых пять элементов геометрические и один динамический. Эти элементы следующие (рис. 189): наклон орбиты i — угол между плоскостью орбиты планеты и плоскостью эклиптики (иначе, плоскостью земной орбиты), гелиоцентрическая долгота восходящего узла орбиты Ω [12], расстояние перигелия от узла ω, большая полуось a, эксцентриситет e, средняя аномалия M_0 в эпоху t_0 или момент прохождения через перигелий T_0. Средняя аномалия — вспомогательная величина, в каждый данный момент равная дуге, которую описала бы планета после своего прохождения через перигелий, если бы она равномерно двигалась по круговой орбите, имеющей диаметр $2a$ (вспомогательная *кеплерова окружность*), завершая полный оборот за период P обращения планеты (выраженный в средних солнечных сутках).

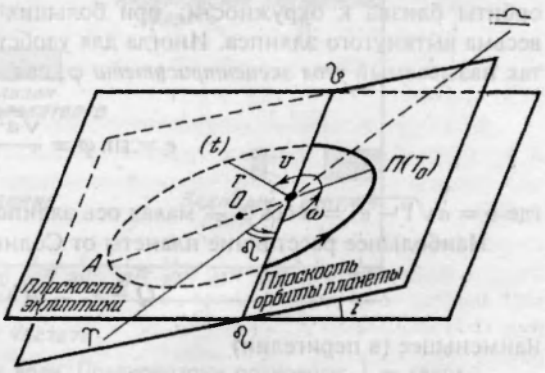


Рис. 189. Элементы планетных орбит

Если $n^\circ = 360^\circ/P$ назовем *средним суточным движением* планеты, T_0 — моментом прохождения перигелия, то в момент t средняя аномалия M будет $M = n^\circ(t - T_0)$.

Линейная скорость движения планеты по орбите вычисляется для момента t_i по формуле

$$v_i^2 = \mu\left(\frac{2}{r_i} - \frac{1}{a}\right), \tag{80}$$

где $\mu = G(\mathfrak{M}_\odot + \mathfrak{M}_{\text{план}})$, а G — гравитационная постоянная.

[12] Восходящий узел ☊ соответствует той точке пересечения орбиты с плоскостью эклиптики, в которой планета переходит из полусферы, содержащей южный полюс эклиптики, в полусферу, содержащую ее северный полюс. При изучении движения ИСЗ за основную плоскость принимается плоскость земного экватора и, соответственно, долгота считается вдоль небесного экватора.

Период обращения (в годах) получим из третьего закона Кеплера: $P = \sqrt{a^3}$, если a выражено в астрономических единицах.

Наклон i считается от 0° до 180°. Углам i, большим 90°, соответствует обратное движение по орбите [13]. Расстояние перигелия от узла ω определяет ориентацию орбиты в ее плоскости — это угол между линией узлов и большой осью орбиты; он отсчитывается вдоль орбиты, в направлении движения планеты.

Иногда указывают долготу перигелия $\tilde{\omega} = \Omega + \omega$. Угол $\tilde{\omega}$, следовательно, измеряется в двух плоскостях: в плоскости эклиптики от Υ до Ω и потом в плоскости орбиты планеты от Ω до Π. В 1916 г. А. Эйнштейн указал, что одним из следствий теории относительности должны быть вековые *перемещения перигелиев* планетных орбит в направлении их орбитального движения, равные

$$\Delta\varphi = \frac{24\pi^3 a^2}{(1-e^2)c^2T^2} \text{ рад за 1 оборот,}$$

где c — скорость света. Для Меркурия Эйнштейн предсказал смещение +43,03″ в столетие, что совпало с величиной необъяснимого смещения, обнаруженного из анализа многолетних наблюдений (42,84″ ± 0,41″). Аналогичное смещение для Венеры должно быть +8,7″, для Земли +3,8″, для Марса +1,35″ в столетие [14].

Форма орбиты определяется эксцентриситетом $e = c/a$, где c — расстояние от центра эллипса до его фокуса. При эксцентриситетах, близких к нулю, форма орбиты близка к окружности; при больших эксцентриситетах орбита имеет вид весьма вытянутого эллипса. Иногда для удобства некоторых вычислений указывают так называемый *угол эксцентриситета* φ, связанный с e соотношением

$$e = \sin\varphi = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}, \qquad (81)$$

где $b = a\sqrt{1-e^2} = a\cos\varphi$ — малая ось эллипса.

Наибольшее расстояние планеты от Солнца (в афелии)

$$Q \equiv r_a = a(1+e),$$

наименьшее (в перигелии)

$$q \equiv r_p = a(1-e).$$

Так как орбиты комет обычно очень вытянуты и имеют очень большие a, то в первом приближении их принимают за параболы, т. е. полагают $e = 1$, $a = \infty$. Новым линейным элементом принимают *перигелийное расстояние* q. Это упрощает задачу определения элементов орбиты.

Когда элементы орбиты известны, можно решить обратную задачу: предвычислить положения светила на небе (т. е. координаты α и δ) и расстояние от Земли ρ для ряда моментов времени, т. е. вычислить так называемую *эфемериду*. Эфемериды больших и малых планет и их спутников, Луны, а также Солнца, данные о затмениях и других астрономических явлениях составляют основное содержание астрономических ежегодников и календарей.

---

[13] Для планет углы i небольшие и движение прямое; для комет i может быть любым и движение может быть обратным.

[14] См. книгу: *Роузвер Н. Т.* Перигелий Меркурия: от Леверье до Эйнштейна. М.: Мир, 1985.

§ 3.6. Спектральный анализ

Основы спектрального анализа были заложены в середине XIX в. Было замечено, что свет, излучаемый раскаленными парами и газами, будучи разложен трехгранной стеклянной призмой, дает систему отдельных узких светлых линий, так называемых *линии излучения*, или *эмиссионных линий*, в то время как спектр раскаленных твердых и жидких тел, а также газов при большом давлении имеет вид непрерывной радужной полосы, в которой один цвет незаметно переходит в другой.

Условно разделяют воспринимаемую глазом область спектра на следующие семь цветов («цвета радуги»): красный (λ от 770 до 620 нм), оранжевый (620–585 нм), желтый (585–570 нм), зеленый (570–510 нм), голубой (510–480 нм), синий (480–450 нм) и фиолетовый (450–380 нм). За этими пределами находятся инфракрасная (длина волны от 770 до 300 000 нм) и ультрафиолетовая (длина волны от 360 до 20 нм) части спектра. Еще дальше лежит область рентгеновского излучения (от 200 Å до 0,05 Å)

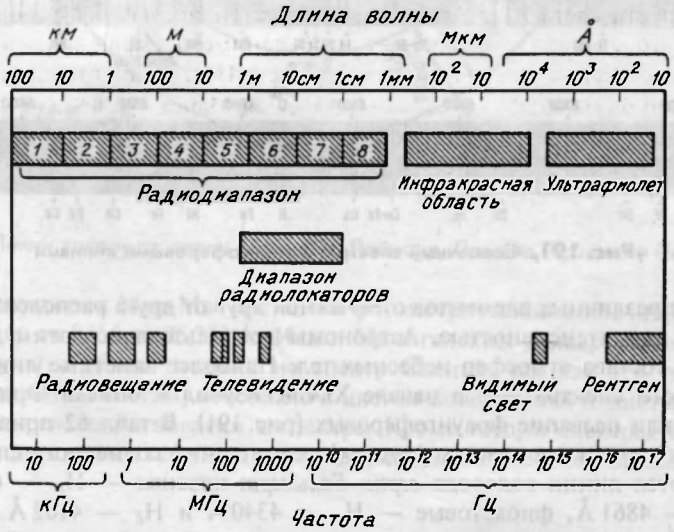


Рис. 190. Спектр электромагнитных волн. Поддиапазоны радиоволн: 1 — сверхдлинноволновый, 2 — длинноволновый, 3 — средневолновый, 4 — коротковолновый, 5 — метровый, 6 — дециметровый, 7 — сантиметровый, 8 — миллиметровый

и гамма-лучей (от 0,05 Å, до 0,006 Å). За инфракрасной областью лежит область радиоизлучения (от 0,3 мм до 30 км). Таким образом, воспринимаемая глазом область спектра — всего лишь узкая полоска в спектре электромагнитных волн — «оптическое окно» для видимого света (рис. 190). Еще одно «окно» расположено в радиодиапазоне (от 10 м до 1 см). Его границы определяются поглощением в земной атмосфере.

Свет раскаленного твердого или жидкого тела, пройдя сквозь облако паров какого-нибудь химического элемента или сквозь газ, дает спектр, прерываемый тонкими темными линиями (*линиями поглощения*) как раз в тех местах, где находятся линии излучения этого пара или газа. В соответствии с этим различают три типа спектров: *непрерывный спектр*, *спектр излучения* (*эмиссионный*, или *линейчатый спектр*) и *спектр поглощения*.

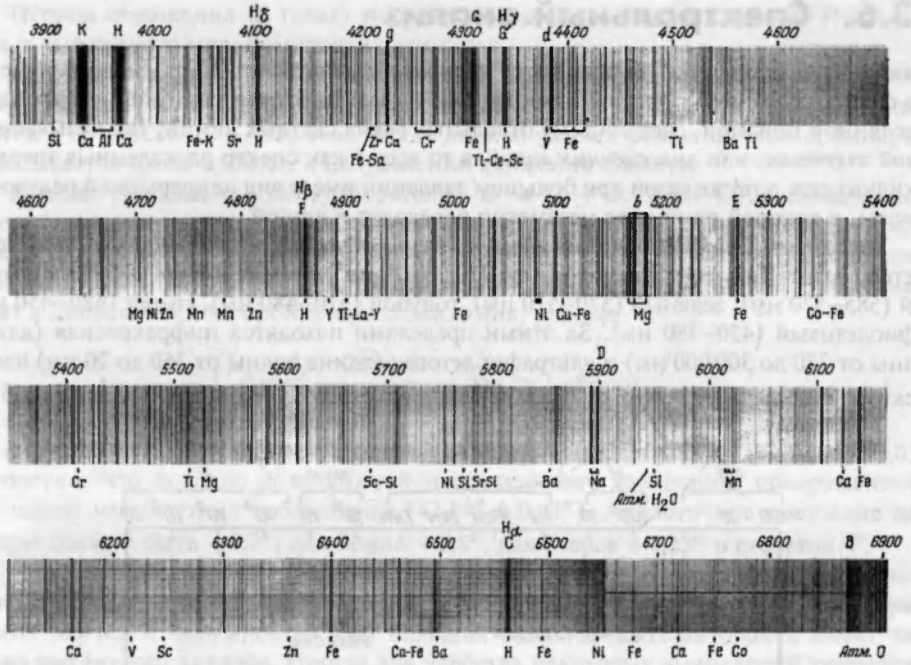


Рис. 191. Солнечный спектр с фраунгоферовыми линиями

Спектры различных элементов отличаются друг от друга расположением линий в спектре и их интенсивностью. Астрономы воспользовались этим для изучения химического состава атмосфер небесных тел. Наиболее заметные линии поглощения солнечного спектра еще в начале XIX в. изучил и описал Фраунгофер; эти линии получили название фраунгоферовых (рис. 191). В табл. 62 приведены длины волн и интенсивности основных *фраунгоферовых* линий солнечного спектра. Среди них выделяются линии водорода *серии Бальмера*: красная — H_α — 6563 Å, голубая — H_β — 4861 Å, фиолетовые — H_γ — 4340 Å и H_δ — 4102 Å. Линии этой серии соответствуют переходам электронов на первый возбужденный энергетический уровень (рис. 192); линии *серии Лаймана* — переходам на основной уровень, соответствующий минимальной энергии атома (эти линии находятся в ультрафиолетовой части спектра); *серия Пашена* и *серия Брэкета* (переходы на второй и третий возбужденные уровни с более высоких) — в инфракрасной части спектра. Основной уровень состоит из двух очень близких подуровней. Переход с верхнего из них на нижний дает радиолинию с длиной волны 21 см.

Для изучения спектров астрономы пользуются главным образом спектрографами — приборами, позволяющими фотографировать спектры небесных тел. Спектр Солнца, как и спектры звезд, является спектром поглощения[15]. В нем известно уже более 26 000 линий поглощения. Наиболее полным в настоящее время является «Фотометрический атлас солнечного спектра» Миннарта, Мульдерса и Хаутгаста, изданный в Нидерландах в 1940 г. Он охватывает солнечный спектр от 3332 до 8771 Å, причем общая длина регистрограмм достигает 100 м! Масштаб атласа 2 см/Å.

[15] В спектрах некоторых типов звезд наблюдаются наряду с линиями поглощения и линии излучения (эмиссионные линии); см. гл. I.

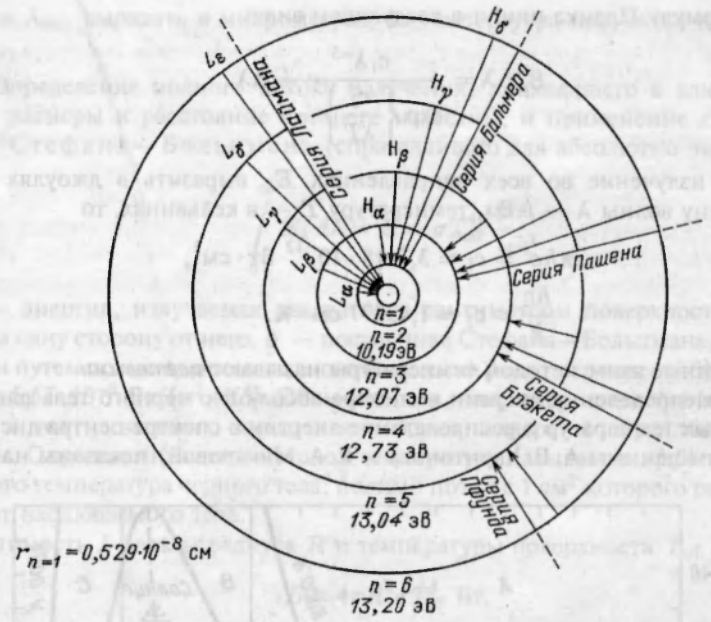


Рис. 192. Линии водорода: серии Бальмера, Лаймана, Пашена, Брэкета и Пфунда

В 1951 г. на обсерватории Мак-Мас составлен фотометрический атлас инфракрасного спектра Солнца от 8465 до 25 242 Å. Издан Мичиганским университетом (США).

Спектры Луны и планет похожи на спектр Солнца, так как эти тела светят отраженным солнечным светом; сообразно с цветом поверхности планеты меняется лишь кривая распределения энергии в спектре. Кроме того, в спектрах некоторых планет можно видеть новые темные линии, возникшие вследствие поглощения в их атмосферах.

3.6.1. Определение температуры

Изучение спектров Солнца и звезд дает нам возможность узнать не только состав их атмосфер, но определить физические условия и температуру их поверхности. Для решения этой последней задачи применяются следующие основные методы.

1. Изучение распределения энергии вдоль спектра. При этом предполагается, что звезды излучают энергию как абсолютно черные тела (п. 1.10.4), т. е. удовлетворяют *закону Планка*:

$$E(\lambda,T)\Delta\lambda=\frac{2\pi hc^2}{\lambda^5}\cdot\frac{\Delta\lambda}{\exp\left\{\dfrac{hc}{\lambda kT}\right\}-1}\ \text{Дж}/(\text{м}^2\cdot\text{с}), \qquad (82)$$

где $E(\lambda,T)$ — интенсивность излучения с единицы поверхности во всех направлениях одной полусферы в интервале длин от волн λ до $\lambda+\Delta\lambda$, c — скорость света, h — постоянная Планка $= 6{,}626076\cdot10^{-34}$Дж · с, k — постоянная Больцмана $= 1{,}380658\cdot10^{-23}$Дж · К$^{-1}$, T — температура, отсчитываемая от абсолютного нуля.

Часто формулу Планка пишут в следующем виде:

$$E_\lambda \Delta\lambda = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{\exp\left\{\frac{c_2}{\lambda T}\right\} - 1} \Delta\lambda . \qquad (83)$$

Если полное излучение во всех направлениях E_λ выразить в джоулях с 1 см^2 в секунду, длину волны λ — в см, температуру T — в кельвинах, то

$$2\pi hc^2 = c_1 = 3{,}7418 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^2,$$

$$\frac{hc}{k} = c_2 = 1{,}43877 \text{ см} \cdot \text{К}.$$

Определенные этим методом температуры называют *цветовыми*.

Кривые распределения энергии в спектре абсолютно черного тела для различных абсолютных температур и распределение энергии в спектре центра диска Солнца (по сводным данным А. В. Харитонова и Е. А. Макаровой) показаны на рис. 193.

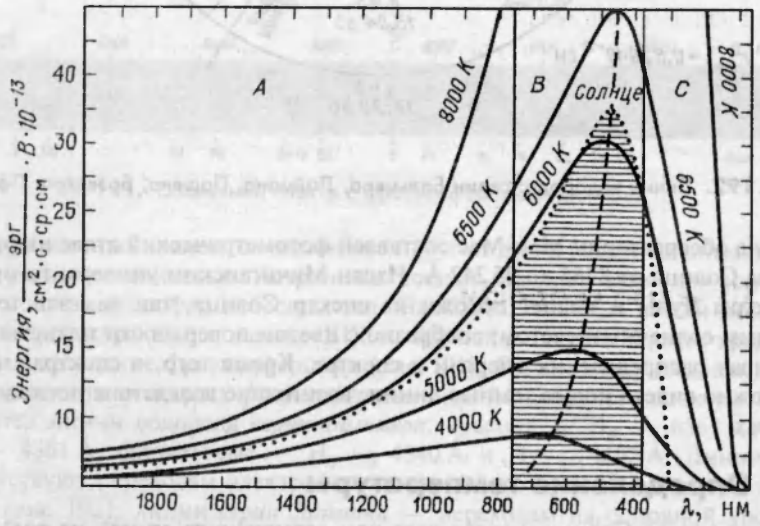


Рис. 193. Кривые распределения энергии в спектре абсолютно черного тела (сплошные линии) и в спектре Солнца (пунктир). Под кривой солнечного спектра заштрихована область чувствительности человеческого зрения. Диапазоны: *A* — инфракрасный, *B* — оптический, *C* — ультрафиолетовый. Штрихованная линия соединяет максимумы в спектрах абсолютно черного тела, демонстрируя закон смещения Вина

Длины волн взяты в пределах от 2000 до 10 000 Å, в которых реально изучают по фотографиям распределение энергии в спектрах небесных тел. Штриховая линия демонстрирует *закон смещения Вина* (см. ниже). Как видно, распределение энергии в спектре Солнца отличается от теоретической кривой для 6000 К.

2. Определение длины волны максимума кривой распределения энергии в спектре (на единичный интервал λ) и применение закона смещения Вина

$$\lambda_{max} = \frac{2{,}898}{T} \text{ мм}. \qquad (84)$$

Если λ_{max} выразить в микрометрах, то температура получится в тысячах кельвинов.

3. Определение полного потока излучения, приходящего в единицу времени от тела, размеры и расстояние которого известны, и применение к этому потоку закона Стефана—Больцмана (справедливого для абсолютно черного тела):

$$\int_0^\infty E_\lambda \, d\lambda = E = \sigma T_{\text{eff}}^4 \, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \tag{85}$$

где E — энергия, излучаемая квадратным сантиметром поверхности тела в одну секунду в одну сторону от него, σ — постоянная Стефана—Больцмана, определяемая опытным путем по измерениям полного излучения ряда тел с известной температурой и равная $5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м$^2 \cdot$ К^4). Этим методом, например, вычисляется температура Солнца и тех нескольких звезд, для которых измерены параллаксы и угловые диаметры. Определенная этим методом температура называется *эффективной*. Иначе говоря, это температура черного тела, полный поток с 1 см^2 которого равен такому же потоку от наблюдаемого тела.

Светимость L звезды радиуса R и температуры поверхности T_{eff} равна

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{eff}}^4 \text{ Вт}. \tag{86}$$

4. Детальное изучение спектра включает измерение интенсивности линий и применение теории ионизации. В этой теории устанавливается связь температуры с ионизацией атомов различных элементов. Полученная этим методом температура звезды называется *ионизационной*.

3.6.2. Лучевые скорости

С помощью спектрографа или объективной призмы можно получить спектрограмму или спектральный снимок участка неба и по ним определить скорость движения интересующего нас небесного тела вдоль луча зрения (V_r). Вследствие эффекта Доплера все линии в спектре небесного тела, движущегося от нас или к нам, смещаются соответственно к красному или фиолетовому концу спектра. При $V_r \ll c$ смещение линий $\Delta\lambda$, выраженное в тех же единицах, в которых измеряются длины световых волн λ, связано простым соотношением с лучевой скоростью светила:

$$V_r = c\frac{\Delta\lambda}{\lambda}, \tag{87}$$

где c — скорость света. Например, смещение в 1 Å для линии H_γ (4340,66 Å) соответствует лучевой скорости в 69,07 км/с.

Лучевая скорость светила является одной из двух составляющих (компонентов) его полной пространственной скорости относительно наблюдателя. Другим компонентом является собственное движение светила μ, измеряемое в секундах дуги в год (п. 1.10.9).

Изучение собственных движений и лучевых скоростей звезд дало возможность обнаружить движение Солнца в пространстве и определить его скорость, обнаружить систематические движения групп звезд и исследовать вращение Галактики. Полезно запомнить, что скорость в 1 км/с соответствует перемещению на 1 пк в 10^6 лет. Исследованием лучевых скоростей различных частей колец Сатурна А. А. Белопольский

подтвердил метеоритное строение колец; изучение смещения линий западного и восточного краев Солнца дало еще одну возможность определить скорость вращения Солнца.

Движение Земли вокруг Солнца вызывает периодическое смещение линий в спектре звезд с максимальной (если звезда лежит в плоскости эклиптики) амплитудой ±30 км/с. Колебания V_r обнаружены у многих двойных звезд.

В настоящее время лучевые скорости ярких небесных светил определяются с максимальной точностью до ±0,12 км/с. Поэтому при анализе смещений линий в спектре приходится учитывать не только влияние движения Земли по орбите, но и влияние вращения земного шара, движения Земли вокруг барицентра и даже влияние планет.

3.6.3. Магнитные поля

Анализ спектра может дать представление о наличии магнитного поля в том месте, от которого к нам приходит излучение. В магнитном поле каждая спектральная линия расщепляется на несколько компонентов (*эффект Зеемана*); обычно на 2–3. Точное количество компонентов линии и характер поляризации их излучения (возможна круговая или линейная поляризация) зависят от строения излучающего (или поглощающего) атома, а также от направления луча зрения наблюдателя по отношению к линиям магнитного поля. В связи с этим различают продольный и поперечный эффекты Зеемана. При наблюдении перпендикулярно магнитному полю (поперечный эффект) все компоненты спектральной линии поляризованы линейно: часть — параллельно полю (π-компоненты), часть — перпендикулярно (σ-компоненты). При наблюдении вдоль поля (продольный эффект) остаются видимыми лишь σ-компоненты, однако их линейная поляризация сменяется круговой.

Расстояние между крайними компонентами линии пропорционально напряженности поля. У большинства астрономических объектов это расщепление линии ($\Delta\lambda$) невелико. Например, в поле 1000 Гс, обычном для солнечных пятен, типичная величина $\Delta\lambda \approx 0{,}002$ нм $= 0{,}02$ Å, тогда как ширина линий, как правило, превышает 0,1 Å. Поэтому непосредственно зеемановское расщепление удается видеть лишь в самых сильных полях по линиям, наиболее чувствительным к магнитному полю. Впервые это сделал Д. Хейл в 1908 г., показав, что в солнечных пятнах имеются магнитные поля до 3000 Гс. В настоящее время существуют электронные приборы — *магнитографы*, с помощью которых, используя эффект Зеемана, можно измерять напряженность магнитного поля (на Солнце с точностью до 1 Гс). О магнитных полях звезд см. п. 1.10.14, Солнца — 1.4.

Глава 4

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ. ПОДГОТОВКА К НАБЛЮДЕНИЯМ

В этой главе собраны сведения об астрономических инструментах, включая вопросы правильной установки экваториального штатива телескопа, уточнения координат места наблюдения, организации собственных службы времени и «службы погоды».

Несмотря на наличие ряда книг, изданных по любительскому астроприборостроению и, особенно, ставшей классическим руководством книги выдающегося любителя астрономии проф. М. С. Навашина (биолога по специальности) «Телескоп астронома-любителя» (4-е изд. — М.: Наука, 1979, 439 с.), а также книги Л. Л. Сикорука «Телескопы для любителей астрономии» (2-е изд. — М: Наука, 1989, 368 с.), автор счел возможным в ответ на просьбы читателей включить раздел (§ 4.2), любезно составленный и к 5-му изданию переработанный оптиком Крымской астрофизической обсерватории и многолетним руководителем юных телескопостроителей Симферопольского отделения АГО Г. М. Поповым, посвященный изготовлению оптики любительского рефлектора (см. ЗиВ. 1968. № 2. О проектах башен для народных обсерваторий.)

§ 4.1. Астрономические трубы и телескопы

Различают два основных типа телескопов: *рефлекторы* и *рефракторы*. Но существуют инструменты, совмещающие черты того и другого типа телескопов, например, телескопы Б. Шмидта, менисковые зеркально-линзовые телескопы Д. Д. Максутова, астрокамеры Г. Г. Слюсарева и другие.

В рефракторе (рис. 194) изображение создается стеклянной линзой — объективом, который, преломляя падающие на него лучи, собирает их в фокальной плоскости. Оптическая сила линзы выражается в *диоптриях* и равна $1/F$, где F — фокусное расстояние в метрах. Так, линза с $F = 1$ м обладает оптической силой в 1 диоптрию. Одним из основных оптических недостатков однолинзовых рефракторов является *хроматическая аберрация*. Линза объектива ведет себя как призма и не только преломляет свет, но и разлагает его на составляющие цвета. При этом фокус красных лучей располагается от объектива дальше, чем фокус синих лучей. При фокусировке на желто-зеленые лучи, к которым особенно чувствителен человеческий глаз, получается красная и синяя (в сумме фиолетовая) кайма. Объективы, состоящие из двух или трех линз из разных сортов стекла, например, из крона и флинта (ахроматические дублеты и апохроматические триплеты, сокращенно *ахроматы* и *апохроматы*), в значительной степени устраняют хроматическую аберрацию, которой совершенно лишены рефлекторы.

В рефлекторах (рис. 194) все лучи собираются в фокусе зеркалом параболической формы, которое покрывается тонким слоем серебра или алюминия. В рефлекторе Ньютона лучи света, отразившиеся от основного зеркала, перехватываются плоским вторичным зеркалом и направляются вбок в точку F'. В схеме Кассегрена лучи

перехватываются выпуклым вторичным зеркалом B, поверхность которого имеет форму вершины гиперболоида, и направляются сквозь отверстие в главном зеркале в точку F'.

В телескопе Шмидта особая коррекционная линза K (лишь на первый взгляд похожая на плоскопараллельную пластинку) позволяет исправить сферическую аберрацию главного зеркала и использовать в качестве него сферическое зеркало, более удобное для изготовления.

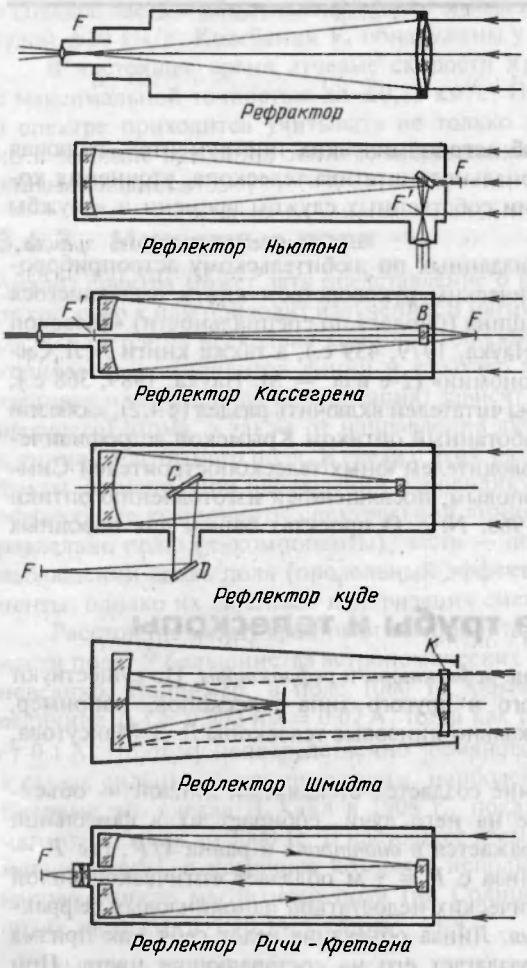


Рис. 194. Схемы рефрактора и рефлекторов

В телескопе Ричи—Кретьена комбинация двух гиперболических зеркал и двухлинзового корректора дает отличные изображения по всему полю зрения.

Изображение, полученное объективом или зеркалами, рассматривается в сложную лупу, называемую окуляром, или фотографируется. Прямая, соединяющая центр объектива и центр окуляра, называется *оптической осью*. Обычно телескоп снабжается несколькими окулярами, дающими различные увеличения. Окуляры бывают двух основных типов (рис. 195): окуляры Гюйгенса (обычно неправильно называемые отрицательными) и окуляры Рамсдена (положительные). Другие виды окуляров являются усложнениями и усовершенствованиями этих основных типов. В окуляре Гюйгенса диафрагма D, находящаяся в фокусе объектива и ограничивающая поле зрения, расположена между линзами окуляра, а в окуляре Рамсдена — перед линзой, обращенной к объективу. В окулярах Рамсдена, Кельнера и Аббе (ортоскопический окуляр Аббе дает очень хорошие, неокрашенные изображения в пределах всего поля зрения) можно укрепить на этой диафрагме крест нитей, совершенно необходимый при различного рода измерениях. Все астрономические телескопы дают перевернутое изображение. (Об изготовлении окуляров см. ЗиВ. 1966. № 5. С. 78–81.)

Увеличением телескопа называют угловое увеличение, т. е. отношение угла, под которым виден предмет в телескоп, к углу, под которым он был бы виден простому глазу, если бы глаз был способен оценивать углы меньше 1′. Увеличение определяется отношением фокусного расстояния объектива F к фокусному расстоянию окуляра f:

$$n = \frac{F}{f}. \qquad (88)$$

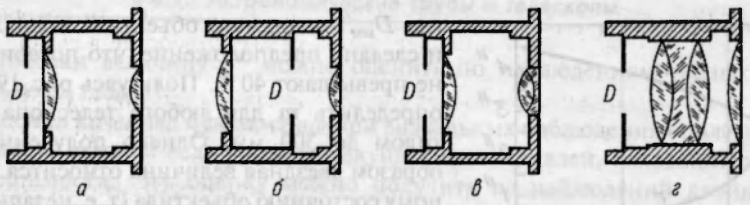


Рис. 195. Окуляры Рамсдена (а), Гюйгенса (б), Кельнера — ахроматический (в) и Аббе — ортоскопический (г)

Для рефлекторов с неплоским вторичным зеркалом надо брать так называемое *эквивалентное фокусное расстояние*, которое равно фокусному расстоянию простой системы, дающей тот же линейный масштаб в фокальной плоскости.

Увеличение можно определить также отношением диаметра *входного зрачка*, который практически совпадает с диаметром объектива (D), к диаметру так называемого *выходного зрачка* (d), который иначе называют *диском Рамсдена*:

$$n = \frac{D}{d}. \qquad (89)$$

Диаметр выходного зрачка можно определить так: отфокусировав трубу «на бесконечность», т. е. практически по достаточно удаленным предметам, надо направить ее на яркий фон (например, ясное небо) и на прозрачной кальке, держа ее около самого окуляра, получить четко очерченный кружок. Это и есть выходной зрачок — изображение объектива, даваемое окуляром. Его диаметр можно измерить линейкой, пользуясь лупой. Диаметр зрачка человеческого глаза при самом минимальном освещении (ночью) меняется с возрастом от 7,5 мм для ребенка 10 лет до 4 мм у человека 80 лет. Поэтому нет смысла делать выходной зрачок больше 7 мм в диаметре. Этим определяется фокусное расстояние окуляра, дающего наименьшее полезное увеличение при данном F.

Казалось бы, можно достичь очень больших увеличений уменьшением фокусного расстояния окуляра f. Однако волновая природа света (дифракция) ставит предел наибольшему увеличению, которое можно получить при объективе данных размеров. Получить большее увеличение можно, лишь взяв объектив бо́льших размеров. Принимают, что наибольшее увеличение равно 50–60 на каждый сантиметр диаметра объектива. Но эти пределы увеличения используются (особенно с большими инструментами) крайне редко вследствие неспокойствия атмосферы, которое вызывает атмосферное дрожание, «замывает» детали и делает изображение нечетким.

При наблюдении протяженных объектов (туманностей, комет, поверхностей планет) больший объектив дает в фокусе более яркое изображение, чем меньший объектив того же фокусного расстояния; длиннофокусный объектив даст более слабое изображение, чем короткофокусный того же диаметра, так как первый соберет свет от объекта на бо́льшую площадь, чем второй. Характеристикой яркости изображения протяженного объекта может служить *геометрическая светосила* $A^2 = (D/F)^2$, т. е. квадрат *относительного отверстия* A — отношения диаметра объектива к его фокусному расстоянию. У рефракторов A обычно около 1 : 15, у рефлекторов — около 1 : 6. Объективы с $A \geqslant 1 : 5$ называются *светосильными*. Имеются специальные *сверхсветосильные* объективы, у которых $A = 1 : 1$ и даже 1 : 0,6.

Проницающая сила телескопа определяется *предельной звездной величиной* звезд, видимых в него в ясную безлунную ночь. Ее можно вычислить по формуле

$$m = 2{,}1 + 5 \lg D_{\text{мм}}, \qquad (90)$$

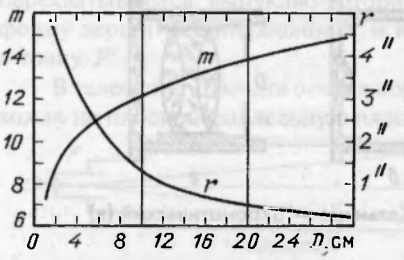


Рис. 196. Предельный угол разрешения r и проницающая сила m для объективов разного диаметра

где $D_{мм}$ — диаметр объектива в миллиметрах, и сделано предположение, что потери в оптике не превышают 40 %. Пользуясь рис. 196, можно определить m для любого телескопа с объективом до 300 мм. Однако полученная таким образом звездная величина относится к идеальному состоянию объектива (т. е. незапыленного, без царапин, хорошо отполированного и хорошо центрированного). Вообще же она будет несколько слабее.

Более точная формула (Боуэна) учитывает влияние увеличения n на предельную величину:

$$m = 5{,}5 + 2{,}5 \lg D + 2{,}5 \lg n, \qquad (91)$$

где D — диаметр объектива в сантиметрах, а $n = F/f$. При большем увеличении фон неба темнее и видны более слабые звезды.

Для испытания телескопа удобно определять предельную звездную величину по звездам Северного Полярного Ряда (табл. 48), либо другого фотометрического стандарта (табл. 49 и 50).

В силу волновой природы света из-за дифракции (отклонения света краем оправы объектива либо краями главного и вторичных зеркал в рефлекторах) изображение звезды представится не точкой, а ярким пятном, называемым *дифракционным диском*, окруженным темными и светлыми *дифракционными кольцами*; яркость светлых колец быстро убывает по мере удаления от центра изображения.

Видимый угловой диаметр дифракционного диска (*диска Эри*, 1834) равен

$$d'' = \frac{2{,}44\lambda}{D} \times 206\,265, \qquad (92)$$

где λ — длина волны света, число 206 265 — число секунд в радиане.

Для однодюймового объектива дифракционное изображение звезды имеет 4,5″ в диаметре, для 10-дюймового — 0,45″. Поэтому при наблюдении в слабый телескоп два точечных источника света могут слиться в одно изображение, в то время как в более сильный они будут видны раздельно. То минимальное угловое расстояние r между двумя звездами (или деталями поверхности планеты), при котором они могут быть видны в телескоп раздельно, не сливаясь, называется *предельным углом разрешения* (обратная величина, т. е. $1/r$, называется *разрешающей силой* телескопа). Приняв для визуальных наблюдений $\lambda = 0{,}00055$ мм, его можно определить по формуле Дауэса

$$r'' = \frac{116''}{D_{мм}}, \qquad (93)$$

где D — диаметр объектива. У невооруженного человеческого глаза разрешающая способность около одной минуты дуги. Эта формула (и кривая r на рис. 196) также справедлива лишь при идеальном состоянии объектива, при хорошей видимости, т. е. хорошей прозрачности атмосферы, и при условии равенства блеска двух источников умеренной яркости. При увеличении различия в блеске Δm предельный угол увеличивается приблизительно по практической формуле

$$r'' = \frac{120''}{D_{мм}}(1 + 0{,}2\Delta m^2). \qquad (94)$$

Практически величину r'' можно оценить по наблюдениям тесных двойных звезд, пользуясь табл. 51.

Для оценки *качества изображения* при визуальных наблюдениях полезно оценивать видимость угловой величиной (в секундах дуги) деталей, находящихся на пределе разрешимости. Эту оценку можно получить из наблюдений двойных звезд с известными расстояниями. Диаметр звезды можно оценить в долях расстояния между компонентами. Для оценки может служить последовательность двойных звезд, приведенная на рис. 197 и в табл. XXVIII. Эти оценки качества изображения и предельного угла разрешения очень полезны при испытании самодельного телескопа и при доводке его зеркала.

При изучении местного астроклимата для характеристики пригодности того или иного места для организации в нем систематических астрономических наблюдений (например, при выборе места для любительской обсерватории) производят соответствующие наблюдения систематически, например, 3 раза в день и 2–3 раза в ночь. Сюда входят: измерение ширины и определение интенсивности

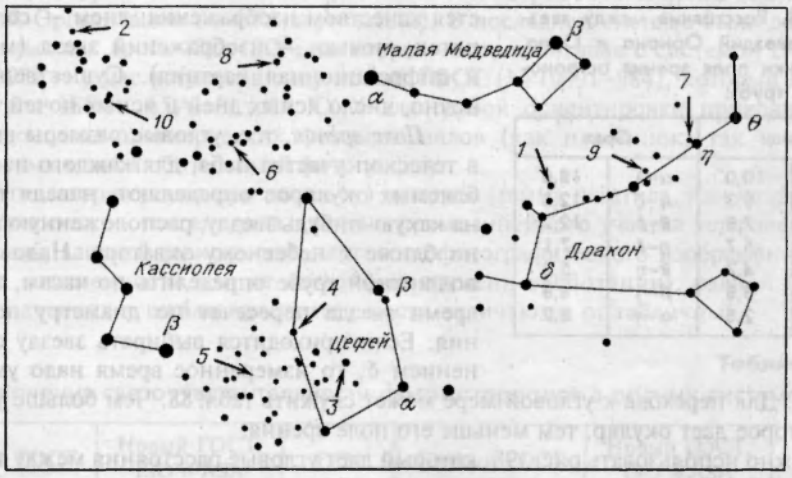


Рис. 197. Двойные звезды для оценки качества изображения (см. табл. XXVIII)

Таблица XXVIII

Оценка качества изображения

Номер на рис. 197	Звезда	m_{vis}	θ	a
1	ψ Dra	$4{,}0^m$–$5{,}2^m$	15°	30,6″
2	Σ 485	6,1–6,2	304	18,3
3	ξ Cep	4,7–6,5	279	7,3
4	Σ 2948	7,0–8,7	5	2,8
5	Σ 2950	6,0–7,2	302	2,3
6	Σ 185	7,0–8,5	20	1,3
7	Σ 2054	5,7–6,9	355	1,2
8	Σ 460	5,2–6,1	65	0,9
9	20 Dra	6,5–7,1	78	0,6
10	OΣ 52	6,4–7,0	94	0,5

околосолнечного ореола днем и ореола около Луны ночью, оценка цвета (синевы) дневного неба и дальности видимости вдоль горизонта (наличие и интенсивность дымки) днем, прозрачность атмосферы и оценка качества изображений звезд ночью. Все перечисленные явления характеризуют состояние атмосферы — наличие в ней пыли и водяных паров. Величина ореола оценивается в градусах (диаметр самого Солнца около 0,5°). Интенсивность и цвет околосолнечного ореола можно оценивать в 5-бальной шкале, где балл 0 отмечает отсутствие ореола, балл 5 — очень яркий золотистый ореол, баллы 1–4 отмечают промежуточные состояния. Синева неба оценивается на расстоянии 90° от Солнца на той же высоте. Балл 0 отмечает совершенно белое небо, балл 5 — темно-голубое.

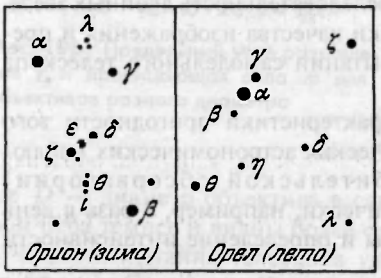


Рис. 198. Расстояние между звездами созвездий Ориона и Орла (для оценки поля зрения астрономических труб):

Орион		Орел	
α–ζ	10,0°	α–λ	18,0°
δ–β	8,3	α–ζ	12,6
α–γ	7,8	θ–δ	12,2
α–λ	5,7	η–δ	7,1
ζ–ι	4,7	θ–η	5,2
ζ–θ	3,8	β–γ	4,8
ζ–δ	2,8	α–γ	2,2

В ночное время прозрачность безоблачного неба характеризуется видимостью предельно слабых звезд. Спокойствие атмосферы определяется качеством изображения: днем — солнечных пятен, ночью — изображений звезд (мерцание и дифракционная картина). Существенно, конечно, число ясных дней и ясных ночей в году.

Поле зрения, т. е. угловые размеры видимого в телескоп участка неба, для каждого из употребляемых окуляров определяют, наведя телескоп на какую-нибудь звезду, расположенную возможно ближе к небесному экватору. Надо при неподвижной трубе определить по часам, за какое время звезда пересечет по диаметру поле зрения. Если приходится выбирать звезду со склонением δ, то измеренное время надо умножить на $\cos\delta$. Для перехода к угловой мере может служить табл. 88. Чем больше увеличение, которое дает окуляр, тем меньше его поле зрения.

Можно использовать рис. 198, который дает угловые расстояния между звездами созвездия Ориона для зимних наблюдений и Орла — для летних.

4.1.1. Фотографирование ночного неба

При фотографировании небесных объектов в фокусе телескопа или со специальной фотокамерой требуется знать поле зрения. Например, объектив любительской фотокамеры с фокусным расстоянием 50 мм на кадре 24 × 36 мм дает изображение области неба приблизительно 30° × 40°, т. е. более 1000 кв. градусов. Полезно знать также следующие характеристики:

1. *Масштаб снимка* для определения линейных размеров изображений на негативе. Если α — угловые размеры объекта (в минутах дуги), F — фокусное расстояние объектива, то линейные размеры объекта будут равны

$$d_{мм} = \alpha F_{мм} \sin 1', \qquad (95)$$

где

$$\sin 1' = \frac{1}{3437{,}75} = 0{,}000291.$$

Пример. Угловой диаметр Луны равен 31′. Линейный диаметр Луны на фотографии будет

$$d_{мм} = F_{мм} \cdot 0{,}009 = F_{мм} \cdot \frac{1}{111},$$

т. е. около сотой доли фокусного расстояния.

2. *Предельная выдержка.* При больших выдержках фон неба начнет вуалировать негатив и скрадывать слабые звезды и тонкие детали протяженных объектов. Для фотоматериалов достаточно высокой чувствительности (около 100 ед. по ГОСТ) предельная выдержка в минутах равна

$$\lg T_{пр} = (0{,}6 + 2{,}351 \lg \forall), \qquad (96)$$

где $\forall = F/D$ называется *относительным фокусным расстоянием* (величина, обратная относительному отверстию).

До 1987 г. приходилось считаться с тем, что светочувствительность фотоматериалов оценивалась в разных шкалах по разному: в СССР — система ГОСТ, в ряде европейских стран — система DIN, в США — ASA, особая система ISO (Международной Организации по Стандартизации). В последней системе было два числа, написанные как дробь ISO/ISO°, где второе число совпадало с системой DIN.

С 1987 г. у нас вступил в силу новый ГОСТ (№ 10691–984), который является общим для ISO и ASA. В табл. XXIX для грубой ориентировки приводим сводку, касающуюся коммерческих фотоматериалов (как пластинок, так и пленок), используемых для любительской фотографии.

Таблица справедлива при *гамма* (γ) негатива (гамма негатива, или *коэффициент контрастности*, — тангенс угла наклона прямолинейного участка *характеристической кривой*, дающей зависимость плотности фотографического изображения от логарифма освещенности или от логарифма времени экспозиции), равной 0,6. При других значениях γ шкалы чувствительности отличаются от табличных.

Таблица XXIX

Значения светочувствительности фотоматериалов в разных системах

Старый ГОСТ	Новый ГОСТ, ISO и ASA	DIN	Старый ГОСТ	Новый ГОСТ, ISO и ASA	DIN
1,4	1,6	3	130	125	22
	2,0	4		160	23
	2,5	5	180	200	24
2,8	3	6	250	250	25
	4	7		320	26
5,5	5	8	350	400	27
8	8	10	500	500	28
	10	11		640	29
11	12	12	700	800	30
16	16	13	1000	1000	31
	20	14		1250	32
22	25	15	1400	1600	33
32	32	16	2000	2000	34
	40	17		2500	35
45	50	18	2800	3200	36
65	64	19		4000	37
	80	20	5000	5000	38
90	100	21	5600	6400	39

3. *Проницающая сила* при предельной выдержке $T_{пр}$ (в минутах), т. е. звездная величина самых слабых звезд на пленке чувствительностью 100 ед. ГОСТ

$$m_{пр} = -1 + 5 \lg D + 2{,}15 \lg T_{пр}, \qquad (97)$$

где D — диаметр в миллиметрах. Фотопленки другой чувствительности, естественно, дадут иные значения $T_{пр}$ и $m_{пр}$.

4.1.2. Бинокль

Различают бинокли обыкновенные (театральные) и призменные (полевые или военные). По оптической схеме театральный бинокль является двойной галилеевой трубой. Призменные бинокли построены по схеме кеплеровой трубы. Для уменьшения размеров прибора и для получения прямого изображения в призменном бинокле между объективами и окулярами помещены призмы полного внутреннего отражения (рис. 199).

Призменные бинокли обычно имеют большие объективы, чем театральные, дают большие увеличения и отличаются хорошими оптическими качествами. Лучшим инструментом этого типа явился бы призменный бинокль с диаметром объектива в 50 мм и 7- или 10-кратным увеличением. Более распространены бинокли, дающие 6–8-кратное увеличение при объективе диаметром в 30 мм. Многие бинокли имеют «просветленную», или «голубую» оптику, которая уменьшает потери света на отражение от поверхности линз. В маркировке бинокля указывают его увеличение и диаметр объектива. Например, «БПЦ 8 × 30» означает: бинокль призменный с центральной фокусировкой, увеличение 8-кратное, диаметр объектива 30 мм. Проницающая сила такого бинокля равна $10{,}5^m$, поле зрения $8°30'$, разрешающая способность $7{,}5''$.

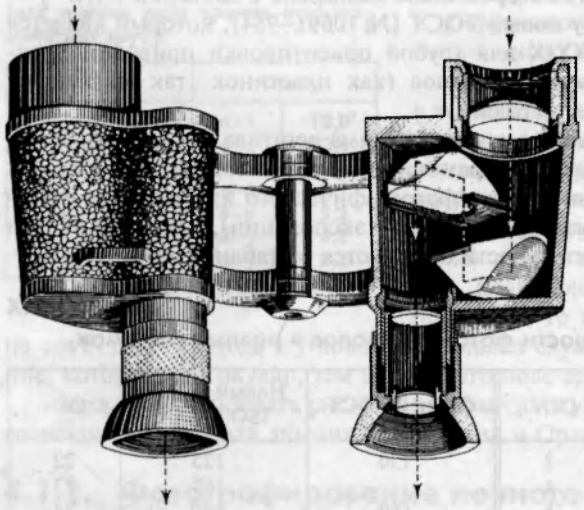


Рис. 199. Призменный бинокль

В призменных биноклях обе его половины соединены шарниром, который позволяет установить их оптические оси сообразно расстоянию между глазами наблюдателя. Каждая половина имеет свою фокусировку, которую нужно один раз тщательно определить и запомнить и затем всегда устанавливать окуляры по отсчетам шкалы. Бинокли со средним (общим) фокусировочным винтом имеют отдельную фокусировку только для одного окуляра, поэтому, отфокусировав средним винтом другой окуляр бинокля (закрыв при этом один глаз), надо первый окуляр подогнать по фокусировке ко второму. После этого средний винт будет одновременно устанавливать на фокус обе половинки бинокля.

Оптику бинокля надо оберегать от пыли и грязи. После наблюдений следует убирать бинокль в футляр. Чтобы бинокль не дрожал во время наблюдений, надо монтировать его на азимутальном или даже на параллактическом штативе (об этом

см. ниже). С помощью бинокля особенно успешными могут быть наблюдения переменных звезд и метеоров.

4.1.3. Любительский рефрактор

Несколько слов о монтировке любительского телескопа. *Монтировкой* телескопа называется такая его установка, при которой он может вращаться вокруг двух взаимно перпендикулярных осей и наводиться в любую точку небесного свода.

Простейшим типом монтировки является *азимутальная* (рис. 200). Вращение инструмента вокруг вертикальной оси изменяет его азимут, а вращение вокруг горизонтальной оси изменяет зенитное расстояние. Переносные инструменты с монтировкой этого типа (теодолиты, универсальные инструменты) широко используются геодезистами и топографами. Большой стационарный инструмент этого типа называется *альтазимутом*.

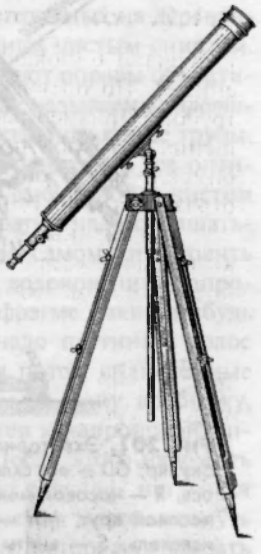


Рис. 200. Азимутальная установка

Для астрономических наблюдений удобнее *экваториальная*, или *параллактическая* монтировка. В этом случае одна из осей инструмента параллельна оси мира (полярная ось), а другая — плоскости небесного экватора (ось склонения). Установив инструмент по склонению и закрепив его в этом положении, наблюдатель может следить за светилом, поворачивая инструмент лишь вокруг одной (полярной) оси. В больших инструментах этот поворот осуществляется часовым механизмом, который автоматически увлекает трубу соответственно суточному вращению небесного свода (рис. 201).

Школьный телескоп-рефрактор на параллактическом штативе (рис. 202) имеет ахроматический объектив диаметром 80 мм с фокусным расстоянием 800 мм. Окуляры 10, 20 и 29 мм дают увеличения соответственно 80, 40 и 28,5 раза и поля зрения 30′, 1°07′ и 1°35′. Телескоп имеет окулярную призму и солнечный экран, но не имеет *искателя*, который надо сделать из небольшой зрительной трубки или *монокуляра* [1]. С этим телескопом можно наблюдать звезды до 11^m.

Небольшую азимутальную монтировку можно превратить в экваториальную, укрепив вертикальную ось инструмента параллельно оси мира (т. е. под углом к горизонту, равным широте места наблюдения φ), подложив под него, например, клинообразный кусок дерева с углом клина, равным $90° - \varphi$.

Для проведения астрографических работ (фотографирования звездного неба или планет) совершенно необходима параллактическая монтировка с часовым механизмом.

Экваториальные монтировки бывают различных типов в зависимости от способа крепления полярной оси. Самой распространенной является так называемая немецкая (см. рис. 201), в которой инструмент крепится на массивной колонне. В английской монтировке полярная ось крепится своими концами в особых подшипниках, укрепленных в каменных столбах.

[1] Так называется половинка призменного бинокля, оформленная как отдельный прибор — своего рода зрительная труба.

Необходимо уравновесить трубу, чтобы центр тяжести всего инструмента находился всегда на пересечении осей. Уравновешивают трубу с помощью передвижных противовесов, добиваясь того, чтобы при любом положении инструмент

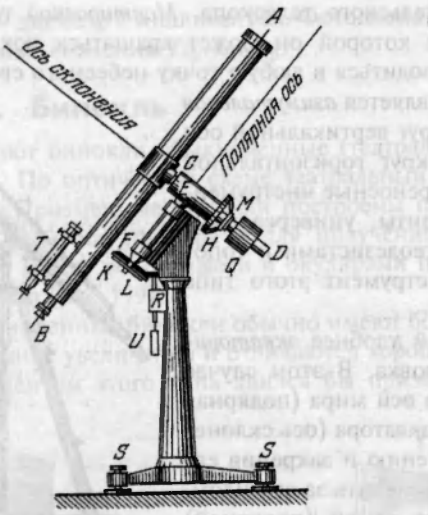


Рис. 201. Экваториал: *A* — объектив, *B* — окуляр, *CD* — ось склонений, *FE* — полярная ось, *R* — часовой механизм с гирей *U*, *KL* — часовой круг, *MH* — круг склонений, *T* — искатель, *S* — винты для точной установки экваториала, *Q* — противовес

Рис. 202. Школьный телескоп-рефрактор: *1* — труба, *2* — окулярная часть с механизмом фокусировки, *3* — экваториальная «головка», *4* — штатив, *5* — противовес, *6* — ключ движения по прямому восхождению

оставался неподвижным, не «заваливался». Уравновешивать его надо в рабочем состоянии, например, без крышек, которыми обычно закрывают объективы и с кассетой (с пластинкой), если это фотографический инструмент и т. д. Если не хватает передвижных противовесов, надо укрепить дополнительные грузы.

Вращение телескопов должно осуществляться плавно, без рывков. Оси инструмента нуждаются в периодической смазке машинным (костяным) маслом.

Скрепление трубы с той или другой осью осуществляется *ключами закрепления* (один по склонению, другой по часовому углу). Ключи стягивают хомутики, которые крепко охватывают ось. Для небольших изменений положения трубы по обеим координатам служат *микрометренные ключи*. Они могут передвигать закрепленную трубу в сравнительно небольших пределах; во время работы с инструментом надо следить, чтобы не доводить эти ключи до упора. Время от времени (и, конечно, после конца наблюдений) надо устанавливать их в среднее положение.

Искатель — маленький телескоп с большим полем зрения — необходим для грубой наводки трубы, так как чем больше увеличение телескопа, тем меньше его поле зрения и тем труднее в него отыскать слабый небесный объект. Оптические оси искателя и основного телескопа должны быть строго параллельны. Обычно искатель крепится на двух подставках, имеющих по три винта для центровки. Действуя этими винтами, надо добиться, чтобы объект, наблюдаемый в телескоп, был в центре поля зрения искателя. При отсутствии часового механизма это удобнее

делать вдвоем: один наблюдатель удерживает объект в поле зрения трубы, а второй центрирует искатель.

Уход за трубой складывается из содержания в чистоте всех оптических поверхностей и наблюдения за исправностью механических частей. Весьма опасными для оптических поверхностей объектива являются пылинки. Можно поцарапать ими поверхность, если пытаться стирать пыль тряпкой. Пыль надо удалять мягкой кисточкой и лишь потом осторожно протереть объектив мягкой, многократно стиранной полотняной тряпочкой. Жирные пятна (следы пальцев) надо смывать с помощью комков гигроскопической обезжиренной ваты, намотанных на деревянную палочку или придерживаемых пинцетом и слегка смоченных чистым спиртом. При этом надо стараться не стереть лак, которым часто покрывают оправы объективов и окуляров. Для защиты объектива от росы употребляются так называемые *противороснuки* — короткие полые цилиндры, укрепляемые на объективном конце трубы.

При чистке окуляров надо осторожно разобрать оправу и протереть все оптические поверхности ваткой, накрученной на спичку и слегка смоченной в чистом спирте, после чего тщательно собрать оправу. Особенно аккуратно надо обращаться с окулярами, имеющими крест нитей. Такой крест можно самому изготовить из тонкого волоса либо из паутинных нитей, а лучше всего из волокон нити капронового трикотажа, которые надо укрепить на окулярной диафрагме каким-нибудь спиртовым лаком, например, лаком для ногтей. До этого надо паутинку, волос или нить (длиной 5–10 см) зажать концами в надрезанные и потом сплющенные свинцовые дробинки. Затем, держа щипцами или пинцетом за одну дробинку, опустить нить в горячую воду на 2–3 минуты (это не относится к капроновой нити), чтобы растворилась обволакивающая ее клейкая масса. После этого наложить нить на диафрагму так, чтобы концы с дробинками свободно свисали, натягивая нить. Другую нить подвесить перпендикулярно к первой. В нужных местах капнуть по капле лака и дать ему сохнуть несколько часов, после чего осторожно срезать концы с дробинками. Для окуляра гида фотографической трубы (астрографа) очень полезно натянуть крест из двух пар очень близко друг к другу расположенных нитей. В центре поля зрения образуется квадратик, в середине которого очень удобно удерживать *гидировочную звезду*. Никогда ее не будут загораживать нити, что важно, если звезда слабая. Чем сильнее окуляр, тем тоньше должны быть нити. Только для очень слабого окуляра нити можно сделать из тонких проволочек.

Если в окулярной части трубы имеются нити, то перед наблюдениями надо сначала отфокусировать окуляр на нити, а затем всю окулярную часть трубы сфокусировать по звездам. Диафрагма, несущая нити, может быть укреплена либо на окулярном конце трубы, либо на самом окуляре, составляя с ним одно целое. В последнем случае, перемещая диафрагму в самом окуляре, надо добиться ясной видимости нитей. Не надо напрягать зрение, стремясь получше разглядеть объект, так как при этом наблюдатель невольно меняет аккомодацию глаза. Глядя без всякого напряжения, надо вращением окулярной кремальеры добиться наилучшей видимости. Тогда в дальнейшем глаз не будет напрягаться. Надо научиться, глядя одним глазом в трубу, не закрывать другой. Смотреть надо *глазом-«водителем»*. Так называется главный, ведущий глаз; впечатления от него преобладают в зрительном центре мозга над впечатлениями, получаемыми другим глазом. Определить глаз-«водитель» можно следующим простым опытом. Глядя обоими глазами, заслоните от себя свет свечи или лампочки карандашом, держа его вертикально. Тот глаз, на который при этом упадет тень от карандаша, — «водитель». Этот опыт можно повторить любое число раз — тень всегда будет падать на глаз-«водитель».

4.1.4. Менисковые телескопы

В менисковых телескопах школьного типа (ТМШ) системы Д. Д. Максутова (рис. 203) перед зеркалом сферической формы находится особая вогнуто-выпуклая стеклянная коррекционная линза-мениск (рис. 204), обе поверхности которой также имеют сферическую форму. Изготовление точных оптических поверхностей сферической формы несравненно проще, чем изготовление параболических поверхностей (как в обычном рефлекторе). Оптические качества этих инструментов очень высоки, они отличаются особой чистотой и четкостью изображений.

Телескоп ТМШ имеет отверстие 70 мм, монтирован на азимутальной установке с микрометренными движениями и имеет два окуляра, дающие увеличения 25 и 70 раз. Длина телескопа всего 220 мм. При диаметре мениска 70 мм телескоп собирает раз в сто больше света, чем глаз в ночных условиях, и, таким образом, дает возможность видеть звезды до 11^m. Предельные углы разрешения 6,5″–2,2″, поле зрения 45′, т. е. примерно в полтора раза больше углового диаметра Луны, и 16′, или половина диаметра Луны.

Для работы с менисковым телескопом очень удобно врыть в землю на открытой площадке столб или установить небольшой, но устойчивый круглый столик,

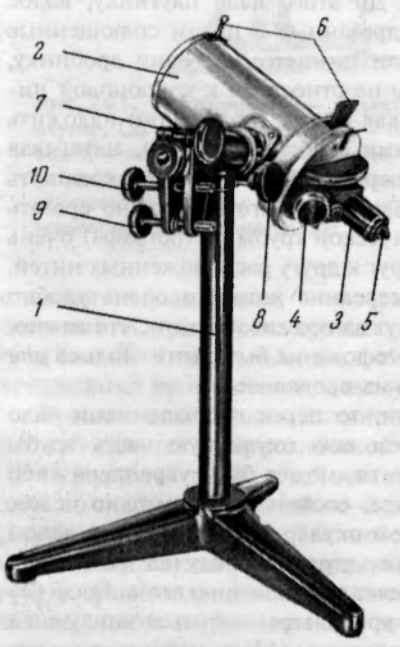


Рис. 203. Менисковый школьный телескоп Д. Д. Максутова (модель ТМШ): *1* — штатив, *2* — труба телескопа, *3* — окуляр с увеличением 25×, *4* — окуляр с увеличением 70×, *5* — зенитная призма, *6* — визиры для наведения на избранный объект, *7–10* — винты зажима и винты тонкой наводки прибора на объект

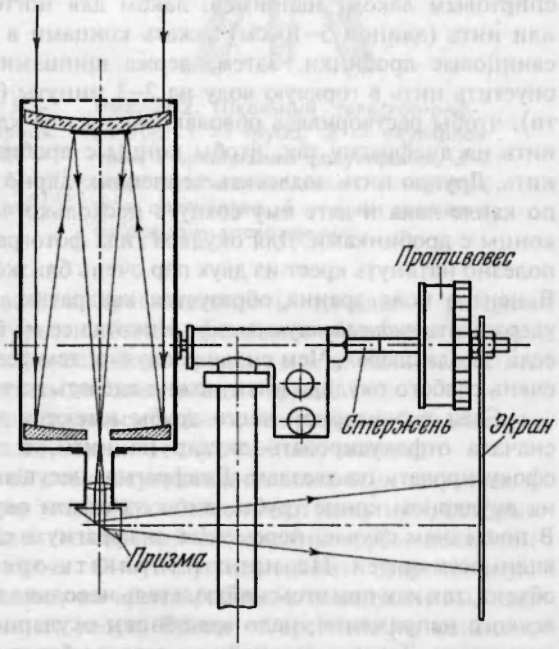


Рис. 204. Схема менискового телескопа с противовесом и солнечным экраном

высотой около 1,5 м, либо геодезический штатив с винтом для крепления подставки телескопа (рис. 205).

Ввиду малого поля зрения телескопа очень выгодно присоединить к нему небольшой искатель с увеличением в 3–4 раза, либо бинокль, либо, наконец, монокуляр с крестом нитей или иглой в поле зрения. Вместо искателя можно с успехом использовать телескопические прицелы для ружей и винтовок, которые продаются в охотничьих магазинах. Но так как в этот прицел надо смотреть с расстояния в 10–15 см, то лучше приделать к нему картонную трубочку, которая оканчивалась бы диафрагмой (7–8 мм диаметром) у самого глаза наблюдателя.

Для наблюдений Солнца М. Е. Набоков предложил изготовить две дополнительные части — противовес (рис. 204 и 205) и солнечный экран (рис. 204). С горизонтальной осью надо жестко скрепить металлический стержень, на который насадить противовес, изготовленный хотя бы из небольшой консервной банки, наполненной кусками железа, чугуна и т. д. За ним с помощью гайки (см. рис. 204) надо укрепить небольшой фанерный экран. Середина его должна находиться против окулярной призмы по другую сторону от подставки. Так как экран будет жестко связан

Рис. 205. Школьный мениксовый телескоп системы Д. Д. Максутова, укрепленный на фотографическом штативе и снабженный противовесом

Таблица XXX

Некоторые отечественные бинокуляры, монокуляры, зрительные трубы и телескопы (Ц — центральная фокусировка, П — призменный, D — диаметр объектива, $Г$ — увеличение, $S = \sqrt{DГ}$ — сумеречное число; чем больше S, тем лучше видна структура объекта)

Обозначение	Диаметр выходного зрачка, мм		Предельная разрешающая способность	Угол поля зрения	Проницающая сила	S	Масса, кг
Бинокуляры							
БП 7 × 35	5,0		6″	8,5°	$9{,}8^m$	15,7	0,7
БПЦ 7 × 50	7,1		6	7,0	10,6	18,7	1,0
БП 10 × 50	5,0		4,5	6,0	10,6	22,4	0,9
БПЦ 20 × 60	3,0		3,0	3,6	11,0	34,6	1,4
Монокуляры							
МП 8 × 30			6,0	8,5	9,5	15,5	0,3
МП 7 × 50			7,0	7,0	10,6	18,7	0,4
МП 12 × 40	Сменные		4,6	6,0	10,1	21,9	0,4
МП 20 × 60	объективы		3,0	3,5	11	34,6	0,8
Зрительные трубы							
	$Г$	D, мм					
«Турист-4»	10	30	6,0	4	9,5	17,3	0,3
«Турист-3»	20	50	4,5	2	10,6	31,6	0,6

Продолжение таблицы XXX

Модель	Диаметр объектива, мм	Фокусное расстояние, мм	Разрешающая способность	Проница-ющая сила	Увеличение
Телескопы-рефлекторы системы Ньютона					
ТАЛ	65	502	2,5″	11,0^m	33, 88, 133^x
ТАЛ-М	80	526	1,9	11,5	20, 35, 96^x
ТАЛ-1	110	806	1,3	12,0	32, 54, 96 169^x
ТАЛ-120	120	805	1,2	12,0	32, 54, 96 162^x
ТАЛ-2	150	1200	0,9	12,9	28, 48, 81, 111, 190, 316^x
Телескоп-рефлектор системы Клевцова					
ТАЛ-200К	200	2000	0,6	13,4	80, 160, 200, 400^x
Телескоп-рефрактор					
ТАЛ-100R	100	1000	1,4	12,0	39, 102^x

с трубой, то изображение Солнца будет отбрасываться призмой всегда в одно и то же место экрана. Во избежание перегрева окуляра надо несколько диафрагмировать мениск и почаще делать перерывы в наблюдениях.

В настоящее время любители могут использовать также инструменты, перечисленные в табл. XXX.

Все телескопы, кроме ТАЛ («Алькор»), снабжены экваториальной монтировкой и оптическим искателем. Модификации ТАЛ-1М («Мицар»), ТАЛ-120М и модель ТАЛ-2 («Альтаир») имеют электрический часовой привод.

§ 4.2. Изготовление оптики для самодельного астрономического телескопа

Астроном-любитель часто испытывает затруднение с приобретением телескопа, поэтому ему нередко самому приходится изготовлять как оптику, так и монтировку телескопа. Легче всего построить телескоп по схеме Ньютона (рис. 194). Поверхности всех зеркал должны быть изготовлены с точностью 0,07 мкм. Для телескопов с малым значением относительного отверстия

$$A = \frac{D \text{ (диаметр объектива)}}{f \text{ (фокусное расстояние объектива)}}$$

параболическое зеркало можно без ущерба для качества изображения заменить сферическим, изготовить которое гораздо проще. Например, при $A = 1 : 8$ можно изготовить телескоп Ньютона со сферическим зеркалом диаметром до 15 см, при $A = 1 : 10$ предельный диаметр можно увеличить до 25 см.

Заготовкой для главного зеркала может служить толстое зеркальное стекло — для $D = 15$ см минимальная толщина 8 мм, для $D = 25$ см — она 17 мм. Способ вырезки круглых дисков из кусков стекла описан в сборнике № 1 «Любительское приборостроение». Можно также использовать как заготовку плосковыпуклую или плосковогнутую линзу, например, конденсорную. На заготовке следует нанести

фаску[2)] под углом 45° шириной 2–3 мм. Фаска делается вручную с помощью влажного наждачного бруска.

Имея два стеклянных диска, можно приступить к *грубой шлифовке*, чтобы придать поверхности будущего зеркала вогнутую сферическую форму с требуемым фокусным расстоянием; радиус кривизны равен удвоенному фокусному расстоянию зеркала. Обработка зеркала может производиться вручную, либо на самодельном станке, описанном в книгах М. С. Навашина и Л. Л. Сикорука. При шлифовке вручную нижний диск (шлифовальник) помещается на три пробковые прокладки, расположенные в вершинах равностороннего треугольника на краю зеркала; диск удерживается от боковых смещений тремя упорами. Наложив на шлифовальник чайную ложку влажного наждака (карборунда) с размером зерен 0,2–0,5 мм, распределяем его равномерно по поверхности и помещаем сверху заготовку будущего зеркала. Сильно нажимая на зеркало сверху, двигаем его радиально в обе стороны от центра на 1/3 радиуса зеркала; после нескольких движений поворачиваем шлифовальник относительно зеркала на некоторый угол, чтобы срабатывание стекла происходило равномерно по всем диаметрам. При этом верхний диск будет приобретать вогнутую форму, шлифовальник же станет выпуклым. Как только порция наждака сработается (что можно определить по звуку, который становится все более скрипучим), снимаем зеркало, смываем сработанный наждак и помещаем на шлифовальник свежую порцию влажного наждака. Следует контролировать получаемое углубление, смачивая зеркало водой с глицерином (сахаром) и замеряя расстояние от зеркала до изображения Солнца или искусственного источника яркого света. Грубую шлифовку продолжаем до тех пор, пока не получим требуемого фокусного расстояния f. Следующая задача — сгладить поверхность более мелкими наждаками — микропорошками.

Тонкая шлифовка аналогична грубой шлифовке с тем отличием, что количество микропорошка, используемого для подмазки шлифовальника (подмазка производится акварельной кистью) резко уменьшается. Микропорошка с водой должно быть столько, чтобы после наложения зеркала на шлифовальник на краю зеркала выдавился только незначительный избыток наждака. Этот избыток следует удалить, иначе край зеркала будет сошлифовываться сильнее и возникнет так называемый «завал» края. Тонкую шлифовку начинаем микропорошком М 28, затем переходим на М 14 и М 10. Шлифовка каждым номером микропорошка производится до тех пор, пока не исчезнут ямки от предыдущего микропорошка. Необходимо тщательно мыть шлифовальник и изделие при переходе от крупного микропорошка к более мелкому. После окончания тонкой шлифовки поверхность зеркала выглядит словно облитая молоком и при косом освещении блестит равномерно. При тонкой шлифовке следует проверять значение f описанным выше способом; если f меньше заданного, то следует на некоторое время поменять местами зеркало и шлифовальник.

Полировка придает зеркалу блестящую поверхность и окончательную точную форму; она производится на смоле, твердость которой должна быть специально подобрана. Полирующим веществом служит крокус (Fe_2O_3), окись церия CeO_2, либо полирит — смесь редкоземельных окислов. Полировальную смолу приготовляют, сплавляя гудрон или пек с канифолью (не перегревать!) в такой пропорции, чтобы при температуре, при которой будет полироваться зеркало, нажатие ногтя оставляло едва заметный след. Окончательное суждение о достоинствах смолы можно сделать при полировке зеркала. Измельчив смолу, покрываем слоем 3–4 мм толщиной металлический диск (но можно использовать и бывший шлифовальник) и подогреваем его до размягчения смолы. Затем, наложив на него влажное зеркало, в течение

[2)] Фаска — скошенный край острого ребра (*П. К.*).

нескольких минут двигаем зеркало как и при шлифовке, но «подмазывая» только водой; этот процесс повторяем до тех пор, пока смола не будет всюду прилегать к стеклу. Затем следует ножом вырезать на поверхности полировальника прямоугольную сеть канавок, формирующую на его поверхности квадратики размером $\sim 30 \times 30$ мм; центр полировальника должен совпадать с углом одного из квадратиков. Смазав полировальник влажным крокусом с помощью акварельной кисти, наложим на него зеркало и, выждав 5 минут, начнем полировать, делая такие же движения, как и при шлифовке. Полировку ведем без подмазывания до тех пор, пока зеркало и полировальник не станут почти сухими, а трение резко увеличится (появится скрип); после этого подмазываем полировальник минимальным количеством влажного крокуса (при его избытке трение и скорость полировки уменьшается), стараясь, чтобы трение оставалось значительным. Как только поверхность зеркала заблестит (примерно через полчаса) можно приступить к испытанию его формы.

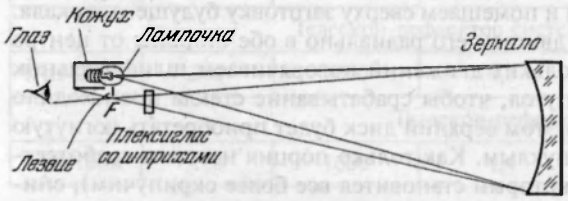


Рис. 206. Теневой прибор

Испытание производится теневым методом или же методом Ронки. Если поместить точечный источник света в центре кривизны вогнутого сферического зеркала, то все лучи отразятся обратно в центр кривизны, образовав там изображение источника света. Сдвинув источник света чуть в сторону, получим изображение рядом с ним. Источником света может служить лампочка от карманного фонаря, имеющая спираль прямоугольной формы и ровное стекло баллона. Лампочку закрепляем на подставку, которая может перемещаться как в горизонтальной плоскости, так и по вертикали. Рядом с лампочкой следует поместить кусок лезвия безопасной бритвы, а также кусочек плексигласа с прочерченными иглой четырьмя параллельными прямыми; расстояние между прямыми около 0,2–0,3 мм. Это *теневой прибор* (рис. 206). Нить лампы, лезвие и штрихи на плексигласе должны быть параллельны друг другу. Перемещая прибор вдоль оптической оси, найдем такое его положение, при котором лучи от лампочки, отразившись от зеркала, попадают полностью в глаз наблюдателя, помещенный непосредственно за теневым прибором. При этом зеркало будет казаться равномерно светящимся. Поместив между глазом и зеркалом плексиглас со штрихами, увидим на зеркале систему теневых полос от штрихов (*полосы Ронки*). Полосы будут прямыми, если зеркало сферическое, если же оно отклоняется от сферы, то полосы будут искривлены и по их виду можно будет судить об искажении зеркала (рис. 207). Уберем теперь экран и поставим на его место лезвие бритвы так, чтобы оно касалось конуса света в точке F. На зеркале появятся тени (тени Фуко), по виду которых также можно судить об ошибках зеркала; если зеркало — идеальная сфера, то зеркало одновременно по всей площади будет покрываться полутенью. Этот метод более чувствителен, чем метод Ронки, но труднее для освоения.

На рис. 207 изображены многие из обычно встречающихся дефектов зеркала в виде отклонений от идеальной сферы, а рядом даны соответствующие картины Фуко и Ронки. На практике эти отклонения обычно встречаются в различных сочетаниях. Наиболее распространенным и вредным является завал края. Если он появился в начале полировки в соединении с ямой в центре, то причиной, вероятно, стала чрезмерно мягкая смола. Такую смолу следует удалить и изготовить новый полировальник из более твердой смолы (с бо́льшим содержанием канифоли). Твердость смолы сильно зависит от температуры, при которой ведется полировка,

поэтому желательно, чтобы полировка производилась при постоянной температуре. Укажем также на необходимость тщательного соблюдения чистоты при полировке. Даже одна-единственная твердая пылинка может вызвать непоправимые царапины.

Дадим указания для исправления дефектов фигуры зеркала.

1. Бугор в центре (рис. 207, *б*). Устраняется применением полировальника с диаметром, несколько меньшим диаметра бугра; зеркало лежит лицом вверх; затем полировка на обычном полировальнике.

2. Яма в центре (рис. 207, *в*). Полировальник следует подскоблить в центре; после устранения ямы подогреть полировальник и придать ему первоначальную форму.

3. Завал края (рис. 207, *г*). Дефект возникает как при шлифовке, так и при полировке; следует уменьшить диаметр полировальника на 5 мм и избегать резких движений.

4. Приподнятый край (рис. 207, *д*). Обычно легко устраняется увеличением размаха движений; если это не помогает, следует положить зеркало внизу и полировать так, чтобы центр полировальника перемещался по краевым частям зеркала («по хорде»).

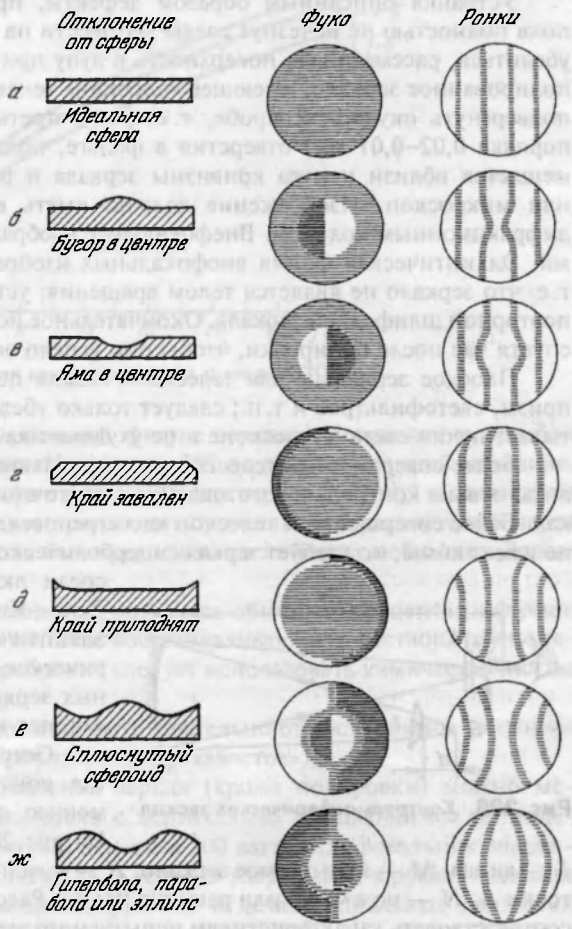


Рис. 207. Картины Фуко и полосы Ронки

5. Сплюснутый сфероид (рис. 207, *е*). Центральная часть имеет меньшую кривизну, нежели краевая. Следует применить звездообразный полировальник малого диаметра (0,5 диаметра зеркала), полировать зеркало, лежащее лицом вверх, *W*-образными движениями полировальника в течение 2–3 минут.

6. Гиперболоид (или параболоид, эллипсоид) (рис. 207, *ж*). В этом случае кривизна в центре больше, чем на периферии; для исправления следует подрезать центральные и краевые зоны полировальника (подскоблить фаску) и применять небольшую амплитуду движений.

7. Зональные ошибки. Исправление кольцевых (зональных) ошибок производится *W*-образными движениями в течение нескольких минут; при этом, однако, возникает опасность завала края.

Заметим, что эти меры являются ориентировочными, так как полировальник может менять свои свойства по многим причинам; например, неравномерное увлаж-

нение способно резко изменить характер работы полировальника. Поэтому при устранении дефектов следует работать при избытке крокусной суспензии.

Устраняя описанным образом дефекты, продолжаем полировку до тех пор, пока полностью не исчезнут следы матовости на поверхности зеркала, в чем можно убедиться, рассматривая поверхность в лупу при ярком освещении. Полностью отполированное зеркало, имеющее «плоский» теневой рельеф (см. рис. 207, *а*), следует подвергнуть окулярной пробе, т. е. рассмотреть изображение малого (диаметром порядка 0,02–0,01 мм) отверстия в фольге, подсвеченного лампой. Отверстие помещается вблизи центра кривизны зеркала и рассматривается в сильный окуляр или микроскоп. Изображение должно иметь вид круглого пятна, окруженного дифракционным кольцом. Внефокальные изображения также должны быть круглыми. Эллиптическая форма внефокальных изображений указывает на астигматизм, т. е. что зеркало не является телом вращения; устранить астигматизм можно только повторной шлифовкой зеркала. Окончательное испытание зеркала следует проводить спустя час после полировки, чтобы оно успело остыть.

Плоское зеркальце для телескопа можно подобрать из оптических деталей — призм, светофильтров и т. п.; следует только убедиться, что оно полностью перехватывает пучки света в телескопе и не ухудшает качества изображения.

Более совершенный телескоп системы Ньютона или Кассегрена можно изготовить, освоив контроль и изготовление достаточно светосильных параболических зеркал. Более совершенный телескоп кассегреновского типа (система Ричи—Кретьена) не имеет комы, но требует зеркал гиперболической формы. Широко распространена среди любителей кассегреновская система Дала—Кирхема, имеющая главное зеркало эллиптической формы, а вторичное — сферическое. Трудности изготовления подобных зеркал связаны с отсутствием удобных методов контроля, доступных любителю.

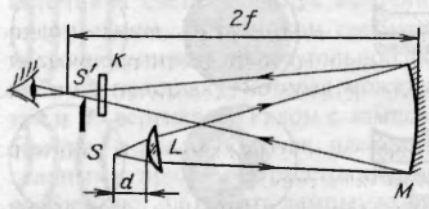


Рис. 208. Контроль асферических зеркал

Опишем простой универсальный метод контроля асферических зеркал с помощью плосковыпуклой линзы (рис. 208). На рис. 208 S — точечный источник света, L — линза, M — испытуемое зеркало, K — красный светофильтр, S' — изображение точки S, N — нож Фуко или решетка Ронки. Расстояние d точки S от линзы должно соответствовать характеристикам испытуемого зеркала — его фокусному расстоянию и эксцентриситету e. Пригодны линзы с показателем преломления от 1,51 до 1,53 при толщине 3–8 мм. Для определения d используем график (рис. 209). На рисунке даны три кривые зеркал с $A = 1 : 6$, $1 : 5$, $1 : 4$. По горизонтальной оси отложено значение fe^2/f' где f и f' — фокусные расстояния зеркала и линзы соответственно, e — эксцентриситет зеркала (для параболы $e = 1$, для гиперболы $e > 1$, для эллипса $0 < e < 1$). На вертикальной оси дано d/f'. В качестве примера рассмотрим контроль параболического зеркала с $D = 200$ мм и $A = 1 : 5$, т. е. $f = 1000$ мм. Пусть фокусное расстояние линзы $f' = 60$ мм. Получаем, что $fe^2/f' = 16{,}67$, и для этого числа из среднего графика находим $d/f = 0{,}566$, откуда искомое $d = 34$ мм. Достаточен диаметр линзы 7 мм. Целесообразно заключить линзу и источник в трубку с регулируемым расстоянием точки от линзы (d следует установить с погрешностью не больше 0,1 мм). Установка трубки с линзой относительно зеркала производится с помощью решетки Ронки с квадратной сеткой; при правильной установке изображение сетки будет симметричным. Следует стремиться к минимальному расстоянию трубки от решетки. Интерпретация теневых картин прежняя (рис. 207); «плоская»

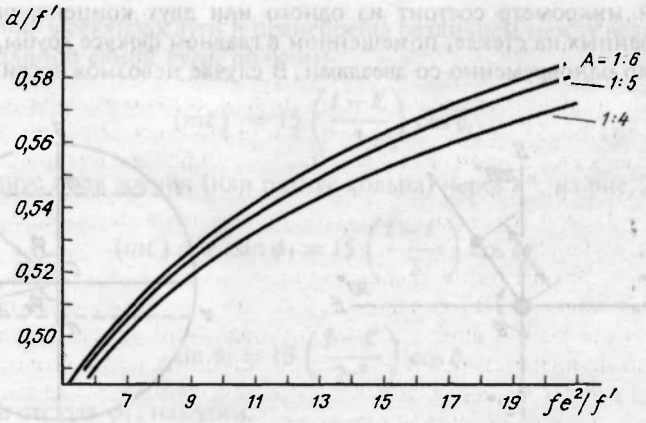


Рис. 209. График для определения d на рис. 208

картина (рис. 207, *а*) говорит о правильной фигуре зеркала. Исправление ошибок производится по-прежнему в соответствии с рис. 207 по вышеописанной методике. Не рекомендуется использовать график на рис. 209 для зеркал с $e > 1{,}5$ и диаметром свыше 300 мм (в этих случаях следует производить уточняющий расчет лучей через систему). Описанный метод контроля был предложен английским любителем Далом и широко распространен.

Серебрение зеркал можно произвести, пользуясь обычными рецептами (лучше использовать рецепты, в которых в качестве восстанавливающего раствора применяется глюкоза). Заметим, что для серебрения следует использовать химически чистые вещества и дистиллированную воду.

В готовом телескопе зеркала должны быть тщательно отъюстированы (в центре поля звезды должны иметь симметричный вид без «хвостов»).

Заметим, что процессы изготовления зеркал (кроме полировки) можно механизировать, используя электродвигатель с вертикально вращающимся шпинделем (не более 700 об/мин) и мощностью не менее 200 ватт. Шлифовальник закрепляем на вращающемся шпинделе двигателя, а зеркало удерживаем в руках, позволяя ему время от времени поворачиваться вокруг оси и делая радиальные движения на 1/3 радиуса зеркала.

§ 4.3. Вспомогательные приборы

4.3.1. Кольцевой микрометр

Для измерений двойных звезд, диаметров планет и кометных ядер, а также для определений относительных координат различных небесных объектов, рефракторы часто снабжаются нитяным *позиционным микрометром*. Наблюдения двойной звезды заключаются в измерении углового расстояния ρ между двумя компонентами и угла θ между соединяющей их линией и кругом склонения, проходящим через главную звезду (так называемого позиционного угла). Угол θ отсчитывается от направления на северный полюс мира против часовой стрелки от 0° до 360° (рис. 210).

В любительской практике этот сложный прибор может быть с успехом заменен простым кольцевым микрометром.

Кольцевой микрометр состоит из одного или двух концентрических тонких колец, нарисованных на стекле, помещенном в главном фокусе трубы, и рассматриваемых в окуляр одновременно со звездами. В случае невозможности изготовления

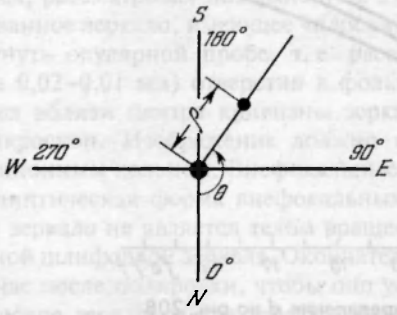


Рис. 210. Позиционный угол θ и расстояние ρ

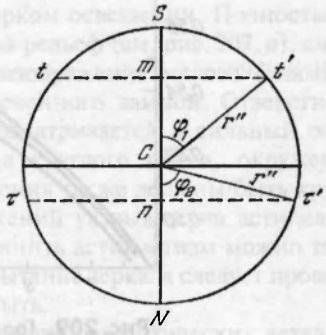


Рис. 211. Кольцевой микрометр

таких колец или неудобства их введения в фокальную плоскость можно использовать края поля зрения как своего рода кольцо. Пусть два небесных светила, разность координат которых мы хотим определить, находятся так близко друг к другу, что разность их склонений не превышает 2/3 диаметра поля зрения. Пусть NS — круг склонения (рис. 211), $\tau'\tau$ и $t't$ — пути звезд в поле зрения, C — центр поля зрения. Установим нашу трубу неподвижно таким образом, чтобы обе звезды через короткое время после этого прошли бы через поле зрения[3]. Первая из них появится в момент t' и скроется из поля зрения в момент t. Вторая — соответственно в моменты τ' и τ. Эти моменты по сигналам наблюдателя должен отмечать его помощник по часам, имеющим секундную стрелку, или по хронометру.

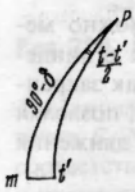


Рис. 212

Моменты прохождения звезд через линию NS будут $\dfrac{t'+t}{2}$ и $\dfrac{\tau'+\tau}{2}$. Очевидно, что разность прямых восхождений будет равна

$$\Delta\alpha = \frac{\tau'+\tau}{2} - \frac{t'+t}{2}.$$

Обратимся теперь к разности склонений, которая будет равна сумме отрезков nC и Cm, выраженных, конечно, в дуговой мере:

$$\Delta\delta = nC + Cm.$$

Длину дуги суточной параллели mt' можно получить из рассмотрения сферического треугольника Pmt' (рис. 212):

$$\sin(mt') = \sin\left(\frac{t-t'}{2}\right)\cos\delta,$$

где δ — приближенное значение склонения звезд.

[3] Для более точного отсчитывания моментов появления и исчезновения звезд выгодно установить трубу так, чтобы звезды прошли на разных расстояниях от центра поля зрения. При малых разностях склонений лучше звезды пропускать ближе к краю поля зрения, чтобы хорды $\tau'\tau$ и $t't$ возможно больше различались по длине.

Выражая mt' в секундах дуги и пренебрегая различием между величиной синуса малой дуги и длиной самой дуги, получим

$$(mt')'' = 15\left(\frac{t-t'}{2}\right)\cos\delta.$$

Обозначив радиус поля зрения (или радиус кольца) через r'', из рис. 211 получим

$$(mt') = r''\sin\phi_1 = 15\left(\frac{t-t'}{2}\right)\cos\delta;$$

таким образом,

$$\sin\phi_1 = 15\left(\frac{t-t'}{2r''}\right)\cos\delta.$$

Определив отсюда ϕ_1, находим

$$(Cm)'' = r''\cos\phi_1.$$

Аналогично можно получить

$$(nC)'' = r''\cos\phi_2,$$

$$\sin\phi_2 = \frac{15(\tau-\tau')}{2r''}\cos\delta.$$

Окончательно находим

$$\Delta\delta = (Cm)'' + (nC)'' = r''(\cos\phi_1 + \cos\phi_2).$$

По α и δ одной из звезд координаты другой получатся без труда:

$$\alpha' = \alpha + \Delta\alpha, \quad \delta' = \delta + \Delta\delta.$$

Зная $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$ для компонентов двойной звезды, можно вычислить расстояние ρ'' и позиционный угол θ:

$$\begin{cases} \rho\sin\theta = \Delta\delta, \\ \rho\cos\theta = 15\Delta\alpha\cos\delta. \end{cases} \tag{98}$$

Квадрант, в котором находится угол θ, определяется знаками $\sin\theta$ (т. е. $\Delta\delta$) и $\cos\theta$ (т. е. $\Delta\alpha$), так как $\cos\theta$ всегда положителен.

4.3.2. Проволочный микрометр*

Самым простым является проволочный микрометр, описанный в первый раз Богуславским. Он может быть применен при любой трубе, независимо от того, имеет ли она параллактическую или горизонтальную установку, лишь бы только она была снабжена окуляром Рамсдена (рис. 195). Каждый любитель может без труда изготовить такой микрометр, укрепив кусочек простой проволоки соответствующей толщины (в зависимости от применяемого увеличения) в окуляре так, чтобы она проходила через середину поля зрения. При наблюдении надо повернуть окуляр таким образом, чтобы проволока составляла приблизительно угол в 45° с направлением суточного движения звезд. Закрепив трубу, пропускаем через поле зрения

* Добавление, сделанное переводчиком второго издания «Справочника» на польский язык Ф. Кёбкэ (Варшава, 1956).

две звезды с известными координатами α и δ и объект, положение которого хотим определить. При этом точно отмечаем моменты исчезновения звезд и нашего объекта за проволокой и моменты их появления. Затем поворачиваем окуляр приблизительно на прямой угол, чтобы проволока вновь была под углом в 45° к суточной параллели, и повторяем наблюдение.

Обозначим через ε_1 угол, который составляла наша проволока с часовым кругом во время первого наблюдения; α_1, δ_1, α_2, δ_2, α, δ — координаты двух известных звезд и нашего объекта; через t_1, t_2, t обозначаем средние из моментов исчезновения и появления звезд и объекта за проволокой. Тогда

$$\alpha - \alpha_1 = t - t_1 + \frac{\delta - \delta_1}{15\cos\dfrac{\delta + \delta_1}{2}}\operatorname{tg}\varepsilon_1,$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = t_2 - t_1 + \frac{\delta_2 - \delta_1}{15\cos\dfrac{\delta_2 + \delta_1}{2}}\operatorname{tg}\varepsilon_1.$$

Обозначим через ε_2 угол во время второго наблюдения; получим аналогично

$$\alpha - \alpha_1 = t' - t'_1 + \frac{\delta - \delta_1}{15\cos\dfrac{\delta + \delta_1}{2}}\operatorname{tg}\varepsilon_2,$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = t'_2 - t'_1 + \frac{\delta_2 - \delta_1}{15\cos\dfrac{\delta_2 + \delta_1}{2}}\operatorname{tg}\varepsilon_2.$$

Исключая отсюда неизвестные углы ε_1 и ε_2, можно получить разности α и δ объекта и первой звезды:

$$\alpha - \alpha_1 = t - t_1 + \left[\alpha_2 - \alpha_1 - (t_2 - t_1)\right]\frac{t - t_1 - (t' - t'_1)}{t_2 - t_1 - (t'_2 - t'_1)},$$

$$\delta - \delta_1 = \frac{\delta_2 - \delta_1}{f}\cdot\frac{t - t_1 - (t' - t'_1)}{t_2 - t_1 - (t'_2 - t'_1)},$$

где

$$f = \frac{\cos\dfrac{\delta_2 + \delta_1}{2}}{\cos\dfrac{\delta + \delta_1}{2}} \approx 1.$$

При некотором опыте моменты исчезновения и появления можно оценить с точностью до долей секунды. Хорошую услугу при таких наблюдениях может оказать выверенный метроном, дающий удары каждую секунду[4]. В этом случае нетрудно оценить моменты с точностью до $0{,}1^s$.

4.3.3. Фотометры

Для точных измерений блеска звезд изобретено много особых приборов — *фотометров*, действующих на основе разных принципов: таковы клиновые фотометры, поляризационные фотометры, фотометры с искусственными звездами, наконец,

[4] Удобнее каждые полсекунды (*П. К.*).

фотоэлектрические фотометры. В визуальных фотометрах имеется искусственная звезда — электрическая лампочка, светящаяся сквозь точечное отверстие в диафрагме, или некоторая поверхность (площадка), освещаемая искусственным светом, причем блеск этой искусственной звезды или яркость поверхности можно произвольно изменять, измеряя по шкале это изменение. При наблюдении с фотометром блеск искусственной звезды подгоняется к блеску изучаемой, а предварительная градуировка прибора дает возможность количественной оценки блеска исследуемой звезды.

В *клиновых фотометрах* блеск искусственной звезды можно менять передвижением фотометрического клина, положение которого отсчитывается по особой шкале. Фотометрический клин обычно делается из дымчатого серого стекла, из которого шлифуют клинообразную пластинку E (рис. 213). Для того чтобы клин не превращался в преломляющую призму, для придания прочности и для удобства обращения к нему приклеивают такой же клин прозрачного стекла F. Можно изготовить простой фотометрический клин из неравномерно засвеченной фотографической пластинки. В книге М. Е. Набокова «Астрономические наблюдения с биноклем» (1948 г.) указан способ изготовления такого клина. В той же книге приведен проект простейшего фотометра, соединенного с биноклем. К такому фотометру с успехом можно приспособить клин (вместо описанного там перемещения искусственной звезды).

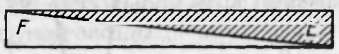


Рис. 213. Фотометрический клин

Поляризационный фотометр. Для визуальных наблюдений можно самим изготовить поляризационный фотометр с искусственной звездой сравнения (предложено Л. В. Игнатьевой).

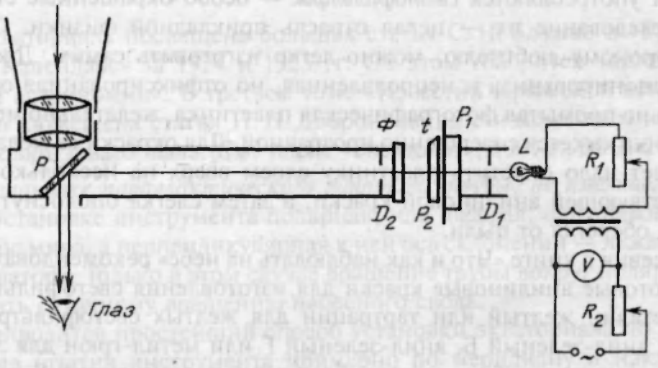


Рис. 214. Принципиальная схема окулярного поляризационного фотометра с искусственной звездой сравнения

К окулярному концу астрономической трубы крепится фотометр (рис. 214), содержащий следующие элементы: P — плоскопараллельная стеклянная пластинка толщиной 5–10 мм, D_1 — диафрагма с точечным отверстием, P_1 — неподвижный пленочный поляроид (поляризатор), P_2 — вращающийся поляроид (анализатор) с индексом t, D_2 — дополнительная диафрагма, L — лампочка накаливания, питаемая батареей аккумуляторов либо через трансформатор (как на рисунке), V — вольтметр контроля напряжения в первичной цепи, R_2 и R_1 — реостаты регулировки напряжения в первичной цепи и в цепи питания лампы L. Расстояние D_2P около 25 см (расстояние наилучшего зрения нормального глаза). Ф — круг, несущий набор голубых и синих фильтров различной плотности для подгонки цвета

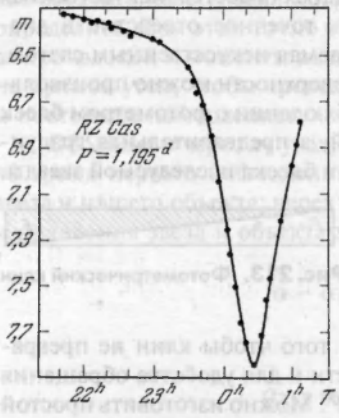


Рис. 215. Минимум затменной переменной RZ Cas (наблюдения с поляризационным фотометром)

искусственной звезды к цвету исследуемой (можно воспользоваться кругом от набора фильтров для цветной фотографии).

При параллельности осей поляроидов искусственная звезда будет иметь максимальный блеск. Ослабление ее блеска будет равно

$$\Delta m = -5 \lg \cos \alpha,$$

где α — угол поворота анализатора. Шкалу под индексом t можно проградуировать в звездных величинах.

При измерении блеска быстро меняющихся переменных звезд (например, затменной в эпоху минимума) сначала реостатом R_1 уравнивают искусственную звезду с изучаемой, а затем, по мере изменения блеска переменной, подгоняют блеск искусственной звезды, вращая поляроид P_2. Примером работы такого фотометра может служить серия измерений затменной RZ Cas 14/15 апреля 1961 г. (рис. 215).

4.3.4. Светофильтры

При наблюдении поверхностей планет и Луны и при изучении комет очень интересно сравнить форму и величину различных деталей в разных лучах. Для таких исследований употребляются *светофильтры* — особо окрашенные стекла. Изготовление и исследование их — целая отрасль прикладной физики. Светофильтры, полезные астроному-любителю, можно легко изготовить самим. Для этого нужна чистая, неэкспонированная и непроявленная, но отфиксированная обычным образом и тщательно промытая фотографическая пластинка, желательно мелкозернистая. Такая пластинка кажется совершенно прозрачной. Для окраски ее желатинового слоя в нужный цвет надо опустить пластинку слоем вверх на несколько минут в раствор соответствующей анилиновой краски, а затем слегка ополоснуть и тщательно высушить ее, оберегая от пыли.

В. П. Цесевич в книге «Что и как наблюдать на небе» рекомендовал использовать следующие готовые анилиновые краски для изготовления светофильтров: аурамин, ауранция, металин желтый или тартрацин для желтых светофильтров; конго-рот для красных; анил-зеленый Б, анил-зеленый Г или метил-грюн для зеленых светофильтров; метиловую голубую, анилин-блау, анил прочно-синий Б, анил-синий для синих светофильтров.

Светофильтр нужных размеров надо после просушки прикрыть чистым стеклом тех же размеров (или сложить вместе два светофильтра слой к слою) и окантовать, т. е. оклеить по ребру бумагой.

Каждый светофильтр надо исследовать с помощью какого-либо спектроскопа, пользуясь табл. 62, дающей положение и длины волн основных линий солнечного спектра.

4.3.5. Спектроскоп

На обсерваториях для изучения спектров небесных светил применяются весьма сложные приборы — многопризменные и дифракционные спектрографы. Поставленный вместо окуляра такой спектрограф дает возможность сфотографировать спектр одной

звезды, изображение которой падает в этот момент на щель спектрографа (получить *щелевую спектрограмму*).

Если перед объективом астрографа установлена призма (так называемая *предобъективная призма*) с малым преломляющим углом, но достаточно больших размеров, чтобы покрыть всю площадь объектива, то на фотопластинке, вместо изображений небесных объектов, получим небольшие спектры. По ним можно определить спектральный класс звезды или природу туманности (малых размеров), увидев в спектре эмиссионные линии, либо линии поглощения. Небольшой угол призмы и ее ориентацию надо учитывать при подборе гидировочной звезды.

Любителю может встретиться так называемый *спектроскоп прямого зрения*. В нем комбинация трех-четырех призм разлагает свет на составляющие цвета, не меняя направления луча.

С таким спектроскопом можно непосредственно наблюдать главные фраунгоферовы линии солнечного спектра (см. табл. 62 и рис. 191), а приспособив его к окуляру астрономической трубы, можно попытаться увидеть спектры небесных светил (конечно, самых ярких). В случае появления яркой кометы очень интересно и ценно изучить спектры головы кометы и ее хвоста. Помимо непрерывного спектра отраженного света, можно надеяться увидеть газовый спектр головы, а может быть, и хвоста кометы. Большой интерес представляет изучение спектров новых звезд с их характерными эмиссионными линиями вблизи эпохи максимума блеска.

§ 4.4. Об установке параллактического штатива трубы

Установке экваториала посвящена большая статья С. Н. Блажко в «Русском Астрономическом Календаре» за 1924 и 1925 гг. Об этом говорится также в его «Курсе практической астрономии». В третьем томе «Известий Крымской астрофизической обсерватории» помещена статья П. П. Добронравина с изложением нового способа точной установки экваториала. См. также «Звездочет», 2001 г., № 2, 3 и 5.

А. *Об установке параллактического штатива трубы, не имеющего кругов.* При правильной установке инструмента полярная, или часовая, ось должна быть направлена на полюс мира, а перпендикулярная к ней ось склонений — лежать в плоскости небесного экватора. Только в этом случае вращение трубы вокруг полярной оси будет соответствовать суточному вращению небесного свода.

Ниже приводится простейший способ установки экваториала по звездам.

Установив штатив инструмента примерно по меридиану и наклонив его полярную ось к горизонту под углом, приблизительно равным широте места, надо поставить горизонтальную нить сильного окуляра так, чтобы при вращении инструмента вокруг полярной оси, звезды в поле зрения окуляра скользили вдоль нити. Если после этого установить трубу в плоскости меридиана близко к небесному экватору, направить ее на какую-нибудь звезду, закрепить неподвижно и следить за движением звезды в поле зрения, то могут встретиться три случая:

1. Звезда скользит (справа налево, так как телескоп дает перевернутое изображение) вдоль нити (рис. 216, *а*), не отходя от нее ни вниз, ни вверх. Это свидетельствует о том, что полярная ось лежит в плоскости меридиана и, следовательно, инструмент по азимуту установлен правильно.

2. Звезда движется под углом к нити вверх (рис. 216, *б*). Следовательно, полярная ось не лежит в плоскости меридиана и инструмент надо повернуть в горизонтальной плоскости, изменив его азимут. Северный конец полярной оси надо

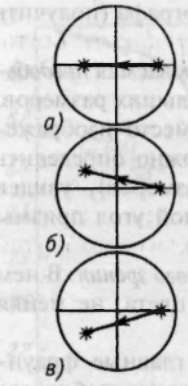


Рис. 216. К установке параллактического штатива

немного повернуть к западу, иначе говоря, весь штатив повернуть против часовой стрелки. В больших инструментах для этого устроены особые винты, перемещающие параллактическую головку относительно штатива.

3. Звезда движется под углом к нити вниз (рис. 216, *в*). Инструмент надо повернуть по часовой стрелке, т. е. северный конец полярной оси повернуть к востоку.

Повторив эти наблюдения и исправления несколько раз, можно добиться достаточно точного положения инструмента по азимуту.

Однако, будучи установленной точно в плоскости меридиана, полярная ось может иметь неправильный наклон к горизонту и, следовательно, не быть параллельной оси вращения Земли.

Для исправления угла наклона наблюдается прохождение звезд в поле зрения неподвижного телескопа, установленного в плоскости первого вертикала и направленного для определенности, скажем, на восток. Вновь могут представиться три случая:

1. Звезда скользит вдоль нити — инструмент стоит правильно.

2. Звезда движется под углом к нити вверх в поле зрения — северный конец полярной оси надо поднять (увеличить угол с горизонтом).

3. Звезда движется под углом к нити вниз — северный конец полярной оси нужно опустить.

Если звезду наблюдаем на западе, то заключения должны быть обратны: звезда движется вверх — ось опустить, движется вниз — поднять. Несколько таких проб, и инструмент будет установлен с достаточной точностью.

Трехногий штатив выгодно ставить так, чтобы одна его нога находилась на юг от инструмента, а две другие — на линии восток — запад.

Б. *Об установке параллактического штатива при наличии кругов.*

а) *Исправление установки круга склонения.*

Пусть оцифровка круга идет от экватора в обе стороны от 0° до ±90°. Наведем трубу на звезду со склонением δ, находящуюся в меридиане (т. е. в кульминации). Отсчет круга склонения при положении трубы на восток от колонны D_1, на запад — D_2. Точка полюса на круге, которая должна соответствовать отсчету 90°, будет равна $90^\circ + \frac{D_1+D_2}{2}$. На величину $\frac{D_1+D_2}{2}$ надо поправить положение круга (или нулевого штриха на инструменте).

б) *Исправление положения полярной оси.*

Если $90^\circ - \frac{D_1+D_2}{2} > 90^\circ - \delta$, или, иначе, если $\frac{D_1+D_2}{2} < \delta$, то полярная ось инструмента лежит ниже направления на полюс мира.

Если $\frac{D_1+D_2}{2} > \delta$, то ось выше этого направления. Наклон полярной оси исправить на величину $\frac{D_1+D_2}{2} - \delta$ в соответственную сторону.

в) *Исправление установки по азимуту.*

Пусть при наблюдении звезды со склонением δ' при западном часовом угле 6^h мы получили отсчет по кругу склонения D'. Если $D' > \delta'$, то северный конец полярной оси повернут к западу, если $D' < \delta'$ — к востоку. Немного повернув винт, регулирующий установку инструмента по азимуту, повторим наблюдение и вскоре добьемся точной установки полярной оси инструмента в обоих направлениях — по высоте и по азимуту.

г) *Установка часового круга и определение величины коллимации.*

Коллимацией называется погрешность, возникающая от неперпендикулярности оптической оси трубы и оси склонения инструмента (для инструментов с азимутальной установкой — его горизонтальной оси). Вследствие коллимации труба при вращении вокруг оси будет описывать на небесной сфере не большой, а малый круг.

Пусть при трубе на восток от колонны звезда с прямым восхождением α, близкая к небесному экватору (т. е. с небольшим склонением δ), наблюдается близ меридиана при часовом угле $T_1 - \alpha$, где T_1 — момент звездного времени. Часовой угол визирной линии будет равен $t_1 + \Delta t - c \sec \delta$, где t_1 — отсчет часового круга, Δt — искомая поправка установки часового круга, а $c \sec \delta$ — влияние коллимации. Очевидно, что должно выполняться условие

$$t_1 + \Delta t - c \sec \delta = T_1 - \alpha,$$

или, иначе,

$$\Delta t - c \sec \delta = T_1 - \alpha - t_1;$$

для трубы на запад от колонны — условие следующее:

$$\Delta t + c \sec \delta = T_2 - \alpha - t_2.$$

Из этих условий легко определить Δt и c. Желательно, чтобы коллимация c не превышала $1'$. Тогда можно быть уверенным, что даже слабый объект вы увидите близ центра поля зрения, поставив инструмент «по кругам».

В. *Способ уточнения географических координат наблюдателя*

Обычно приближенные координаты места наблюдения известны и речь может идти об определении поправок к ним. Разработанный А. Б. Палеем (Ивановский педагогический институт) метод значительно проще изложенного в известном учебнике С. Н. Блажко «Курс практической астрономии» (1951). Я очень благодарен А. Б. Палею за разрешение включить его метод в эту книгу.

Связь зенитного расстояния звезды z с ее склонением δ и часовым углом t выражается формулой $\cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos\delta \cos \varphi \cos t$.

Измерив зенитные расстояния звезд в известные моменты времени, можно определить долготу и широту места наблюдения. Так как они незначительно отличаются от приближенных φ_0 и λ_0, полагаем

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi \quad \text{и} \quad \lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda,$$

где $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ — малые поправки.

Для каждого наблюдения имеем

$$\cos z_i = \sin \delta_i \sin (\varphi_0 + \Delta\varphi) + \cos \delta_i \cos (\varphi_0 + \Delta\varphi) \cos (t_{0i} + \Delta\lambda).$$

Здесь t_{0i} — часовой угол, вычисленный по λ_0 и, следовательно, отличающийся от истинного на величину $\Delta\lambda$; z_i исправлено за рефракцию.

Разлагая $\sin \Delta\varphi$, $\cos \Delta\varphi$, $\sin \Delta\lambda$ и $\cos \Delta\lambda$ в ряды по степеням малых величин $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ и ограничиваясь линейными членами разложения, получим

$$a_i \Delta\varphi + b_i \Delta\lambda + c_i = 0,$$

где

$$a_i = \sin \delta_i \cos \varphi_0 - \cos \delta_i \sin \varphi_0 \cos t_{0i},$$
$$b_i = -\cos \delta_i \cos \varphi_0 \sin t_{0i},$$
$$c_i = \sin \delta_i \sin \varphi_0 + \cos \delta_i \cos \varphi_0 \cos t_{0i} - \cos z_i.$$

После вычисления коэффициентов a_i, b_i и c_i проводим определение поправок $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ способом наименьших квадратов (см. § 2.9).

Примечание. Выгоднее всего измерять z звезд, равномерно расположенных по азимуту. В случае наблюдения только двух звезд следует выбирать их так, чтобы азимуты отличались друг от друга на 90°.

§ 4.5. Служба времени наблюдателя

4.5.1. Часы

Всякие часы, даже самые лучшие, либо спешат, либо отстают. Поэтому, чтобы знать точное время, нужно уметь для любого момента времени определять *поправку* своих часов. Определяя поправки часов каждый день по радиосигналам времени, можно обнаружить изменение величины поправки, так называемый *суточный ход* часов. Самые точные в мире механические часы АЧФ — астрономические часы Ф. М. Федченко — обеспечивают точность хода $\pm 0{,}0003^s$ в сутки! Колебания хода кварцевых часов $\pm 0{,}0002^s$ в сутки. Современные атомные часы дают отклонения от равномерного хода времени меньше чем 10^{-10} секунды. Специальное устройство в механических часах позволяет в некоторых пределах влиять на ход часов; в наручных и карманных часах маленькая указательная стрелка под задней крышкой часов связана с рычажком, который изменяет период колебания балансира и тем самым ход часов. Стрелка указывает на деления небольшой шкалы, на одном конце которой стоит знак «+», либо буква F или A (ускорить), а на другом знак «−» либо буква S или R (замедлить). Передвигая стрелку в нужную сторону и следя затем за изменением хода часов, можно отрегулировать часы, т. е. сделать ход достаточно точным. В маятниковых часах имеется гайка, вращение которой перемещает груз маятника вдоль стержня и тем самым меняет период колебаний.

Ход часов считается положительным, если поправка увеличивается со временем, т. е. часы «отстают»; отрицательным — если «спешат». Удлинение маятника вызывает увеличение периода одного колебания маятника и, таким образом, замедляет ход, укорочение — ускоряет ход.

Самое главное, что определяет хорошее качество часов, — это постоянство хода. Можно примириться с большим ходом часов, который с течением времени приводит к большим поправкам, если часы обладают постоянством хода.

Располагая на графике полученные поправки часов против отметок чисел, можно узнать ход часов и его изменение (рис. 217).

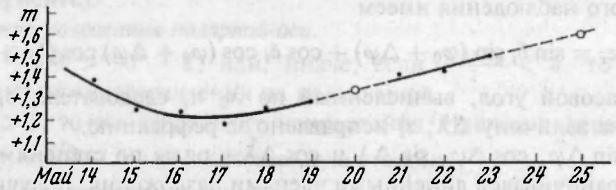


Рис. 217. Ход часов. Точками отмечены поправки часов, полученные сравнением с радиосигналами времени, кружками — полученные интерполяцией и экстраполяцией по графику

При внимательном и бережном отношении к карманным или стенным часам можно заставить их хорошо служить в качестве астрономических часов любителя. Для этого необходимо соблюдать следующие правила:

1. Тщательно оберегать часы от тряски и ударов, от загрязнения, пыли и сырости, а также от резких колебаний температуры. Карманные часы полезно поместить в футляр, выложенный чем-нибудь мягким, со стеклянной крышкой. Лучше всего держать часы всегда в одном положении: одни часы лучше идут (т. е. обладают большим постоянством хода) в горизонтальном положении, другие — в вертикальном.

2. Заводить часы всегда в один и тот же час, либо через один и тот же промежуток времени (для стенных часов это может быть 4, 7, 10 или 14 дней).

3. Возможно чаще определять поправку часов по радиосигналам времени. При этом можно будет не только выявить суточный ход часов и проследить за его изменениями с течением времени, но также установить суточный период в изменении хода, т. е. изменение хода в течение суток (вызываемое изменением силы пружины по мере ее раскручивания и в некоторой степени суточными колебаниями температуры).

Качество часов характеризуют *суточной вариацией*, которая вычисляется по формуле

$$\delta = \pm\sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}, \qquad (99)$$

где n — число определенных суточных ходов, а d — уклонение хода от его среднего значения. У хороших часов суточная вариация хода δ обычно не превосходит $\pm 0{,}3^s$.

В последние годы широкое распространение получили электронные ручные часы, которые могут обеспечить точность в 1 секунду. Их следует проверять по радиосигналам точного времени и следить за их ходом, составляя график, подобный рис. 216. Единственное их неудобство — это внезапная остановка при истощении батарейки.

Определение поправки часов по радиосигналам времени. Широковещательные передачи сигналов времени (шесть точек) передаются в эфир в начале часа (например, радиостанцией «Маяк») с точностью до сотых долей секунды. Заключительная точка дается точно в целое число часов, ноль минут, ноль секунд (например, $7^h0^m0^s$). Очень высокой точностью обладают часы телевизионных новостных передач. В 24^h московского времени самый первый звук перезвона Кремлевских курантов подгоняется под момент 0^m0^s. Первый удар часов отстает от него примерно на минуту.

Так как секундная стрелка обычных карманных или ручных часов движется скачками, совершая их каждые $0{,}3^s-0{,}4^s$, то, очевидно, точность определения поправки часов не может быть больше, чем эта величина. У электронных часов секундная стрелка скачет «по секундам». На слух можно оценить совпадение с радиосигналами с точностью до $0{,}2-0{,}3^s$. На самом деле точность еще меньше. Систематически определяя поправку своих часов, следя за их ходом, можно знать время с точностью до 1^s, что вполне достаточно для большинства задач, которые могут встать перед астрономом-любителем. В будущем существующий государственный эталон времени, который за год может уйти вперед или отстать не более чем на миллионную долю секунды (!), еще больше увеличит свою точность. Кроме того, явится возможность по радио регулировать ход миллионов часов и других хронометрических приборов во всех концах страны. Создание совершенной общегосударственной системы единого времени и изготовление в будущем настольных и наручных радиочасов приведет к тому, что эталонное, сверхточное время будет у каждого «под рукой».

Для составления программы наблюдений нужно знать соотношение среднего местного времени и звездного времени в эту ночь. М. С. Зверев предложил простую и удобную номограмму для приближенного перевода момента среднего солнечного времени в звездное (Приложение VIII). Линейку с часами среднего времени надо приложить к номограмме так, чтобы отметка 0^h совпала с датой наблюдений. Шкала «звездное время» даст ответ для любого момента времени в промежутке от 18^h до 6^h.

§ 4.6. Астрономический календарь

Сведения о предстоящих астрономических явлениях, помещаются в ежегодных выпусках Астрономического календаря, который выходит уже более 100 лет. Основанный в 1895 г. Нижегородским кружком любителей физики и астрономии, с 1951 г. он подготавливается АГО в Москве. В 1981 г. в изд-ве «Наука» вышла «Постоянная часть Астрономического календаря» (изд. 7-е, 728 с.), содержащая много полезного материала. Обычно Астрономический календарь содержит два раздела: Эфемериды и Приложения. В первом разделе даются следующие эфемериды:

1. Эфемериды Солнца и Луны на каждый день года (прямое восхождение и склонение, моменты и азимуты восхода и захода для $\lambda = 0^h$ и $\varphi = 56^\circ$, уравнение времени, видимый угловой радиус Луны, звездное время в гринвичскую полночь), а также справочник наблюдателя на каждый месяц, т. е. сведения о многих астрономических событиях (фазы Луны, ее положение на орбите, соединения Луны с планетами, видимость планет, метеорные потоки и т. д.).
2. Эфемериды планет — подробное описание видимого пути планет среди звезд с приложением карт и таблиц, дающих координаты планет через определенное число дней, их угловые диаметры, фазы, звездные величины и др.
3. Данные о солнечных и лунных затмениях (описание условий видимости, таблицы и карты).
4. Данные о покрытиях звезд и планет Луной.
5. Физические координаты Солнца, Луны, Марса, Юпитера и Сатурна, т. е. угловой диаметр и величины P, B_0, L_0 (п. 5.1.1) через каждые пять дней для Солнца, угол P фазы и селенографические координаты центра диска через каждые два дня для Луны, угол P и долгота центрального меридиана через каждые четыре дня для Марса и через восемь дней для Юпитера и Сатурна.
6. Эфемериды галилеевых спутников Юпитера, дающие их конфигурации, таблицы моментов затмений и схемы расположения относительно планеты.
7. Сведения об ожидающихся короткопериодических кометах.
8. Эфемериды нескольких ярких малых планет вблизи их противостояний.
9. Списки, иногда карты окрестностей и эфемериды некоторых переменных звезд.
10. Эфемериды для определений широты и азимута по Полярной.

Второй раздел — Приложения — содержит, как правило, обзор солнечной активности за предыдущий год, обзоры успехов астрономии и освоения космоса, научные статьи и заметки на разнообразные актуальные астрономические темы, исторические заметки в связи с юбилейными датами отечественной и мировой астрономии, а также статьи методического характера, связанные с техникой наблюдений и с теорией и практикой предвычислений различных астрономических

явлений, и библиографию литературы по астрономии и некоторым смежным наукам, вышедшей за предыдущий год. Богатое содержание «Приложений» делает весьма ценными выпуски Астрономического календаря за предыдущие годы.

§ 4.7. О предсказании погоды

Полезно знать приметы погоды, от которой, увы, зависит успех всей практической работы астрономов. Любитель, систематически ведущий астрономические наблюдения, в особенности тот, кто постоянно живет вне больших городов, приобретает опыт в определении возможных изменений погоды по форме облаков, цвету вечерней зари, по мерцанию звезд и т. п., а также по изменениям показаний барометра.

I. Признаки наступления устойчивой ясной, сухой погоды — летом жаркой, зимой морозной:

1. Барометр показывает высокое давление, в течение нескольких дней медленно повышающееся.
2. Небо с утра безоблачное, часам к 10 появляются округленные кучевые облака, которые к полудню увеличиваются и заметно поднимаются вверх, а к вечеру вновь исчезают.
3. Летом днем жарко, ночью прохладно; весной и осенью при такой погоде возможны заморозки.
4. Ночью тихо, днем ветер усиливается, к вечеру затихает. (Народная примета: «Дождя не бывает, коль ветер к ночи затихает».)
5. Ночью выпадает сильная роса, в холодные ночи — иней. («Если на траве роса, не жди в этот день дождя».)
6. Золотистая или светло-розовая заря при заходе или восходе Солнца. («Красный вечер — ясный день».)
7. Звезды мерцают слабо, отливая зеленоватым блеском.

II. Признаки наступления ненастной погоды — летом прохладной, дождливой, зимой с потеплением, иногда до оттепели, и с возможностью метелей:

1. Барометр падает. Чем быстрее понижается давление, тем скорее наступает ненастье.
2. Если ветер к вечеру усиливается, то наступления ненастной погоды можно ожидать не позже как в течение суток.
3. Летом после ясного дня наступает ночь более теплая по сравнению с предыдущей. Росы нет. («Если утром трава суха, к ночи жди дождя».)
4. Появляются перистые облака, которые переходят в перисто-слоистые, а затем в высокослоистые облака. («Сбежались тучки в одну кучку — дождь будет».)
5. Красная или багрово-красная заря при закате Солнца.
6. Появляются круги (галосы) вокруг Солнца или Луны. («Кольца вокруг Солнца — к дождю».)
7. Звезды сильно мерцают. («Звезды играют — зимою к вьюге, а летом к холоду».)

Глава 5

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

В этой главе указаны сравнительно простые астрономические наблюдения, которые не требуют больших инструментов и могут представить определенный научный интерес. Мы не касаемся здесь простейших задач, составляющих предмет практических занятий при прохождении школьного курса астрономии. Мы предполагаем, что читатель достаточно хорошо знаком со звездным небом, умеет определить положение основных точек и линий небесной сферы и использовать содержание предыдущих глав для ориентировки в астрономических явлениях.

§ 5.1. Наблюдения Солнца

Речь идет о наблюдениях явлений, происходящих на поверхности Солнца, — о солнечных пятнах, факелах, факельных полях и гранулах. Наблюдения протуберанцев, а тем более короны, требуют специальных приборов. Систематическое наблюдение явлений, происходящих на поверхности Солнца, — «Служба Солнца» — имеет большое практическое значение в свете установленной связи их с явлениями в земной атмосфере и, кроме того, с состоянием электромагнитного поля Земли. В периоды максимального количества солнечных пятен учащаются и усиливаются грозы, более интенсивны полярные сияния. Магнитные бури влияют на условия прохождения радиоволн, в особенности коротких, создавая радиопомехи, ухудшая слышимость радиопередач. Изучение солнечных явлений может дать возможность предвидеть и предсказывать явления в земной атмосфере (например, прогнозировать «радиопогоду»). Обнаружение хромосферной вспышки очень важно для своевременного предупреждения космонавтов об опасности, грозящей им в случае выхода «в открытый космос» из космического корабля.

5.1.1. Визуальные наблюдения Солнца

Наблюдения Солнца можно вести непосредственно через окуляр, снабженный темным стеклом, либо (что предпочтительнее) с помощью так называемого солнечного экрана (в этом случае без темного стекла). На объектив трубы надевается диафрагма (например, крышка с круглым отверстием) диаметром в 1/3 диаметра объектива. Для наблюдений Солнца диаметр объектива трубы не играет роли: Солнце дает достаточно света. Важнее фокусное расстояние, так как чем оно больше, тем больше изображение Солнца (диаметр изображения Солнца в сантиметрах в фокусе трубы приблизительно равен фокусному расстоянию телескопа в метрах). На рис. 218 показана ориентация изображения Солнца при различных методах наблюдения.

Нужно особенно заботиться о защите глаз от яркого света Солнца и тщательно подобрать темное (дымчатое или темно-зеленое) стекло. При некоторых астрономических трубах иногда имеется особый *солнечный окуляр*. В нем изображение Солнца ослабляется посредством отражения от грани стеклянной клиновидной призмы Гершеля, при этом 94 % света минует глаз наблюдателя. Очень удобна также *пентапризма* (рис. 219) небольших размеров, которая монтируется в трубе перед

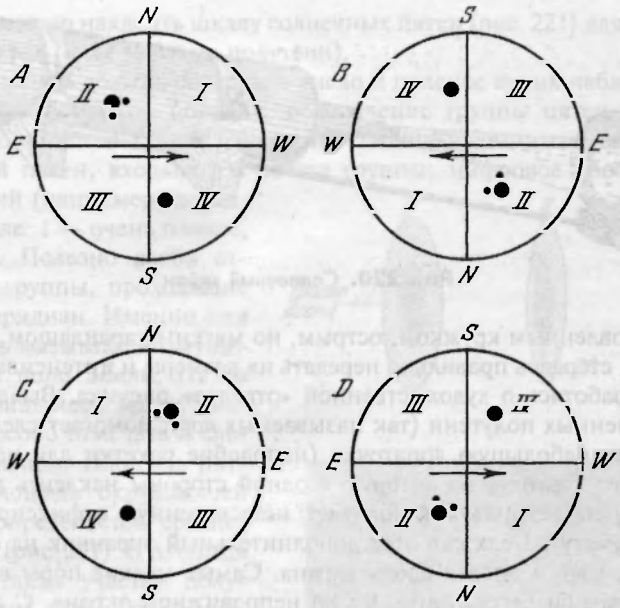


Рис. 218. Ориентация изображения Солнца: *A* — при наблюдении невооруженным глазом, *B* — при наблюдении в телескоп, *C* — на экране при астрономическом окуляре, *D* — на экране при земном окуляре. Стрелка показывает направление вращения Солнца

окуляром. В сочетании со слабым темным (дымчатым) стеклом она дает очень ослабленную картину солнечной поверхности.

В случае наблюдений с солнечным экраном надо на трубе иметь стержень длиной 35–40 см, к которому жестко прикрепить перпендикулярно к оптической оси столик диаметром в 15–20 см (рис. 220). На него сквозь окуляр проецируют изображение Солнца желаемого размера: чем ближе экран к окуляру, тем меньше будет размер изображения. Установив экран на нужном расстоянии, добиваются наибольшей резкости изображения. Если этого не удается добиться фокусировочным перемещением окулярной части, приходится менять окуляр. На столике надо укрепить лист бумаги, на котором заранее следует нарисовать окружность — контур изображения Солнца желаемой величины (например, диаметром 10 см, как это принято во многих Службах Солнца). Чтобы по возможности оградить экран от рассеянного света и тем самым усилить контрастность изображения, надо на объективном конце трубы укрепить щиток — лист картона — перпендикулярно оптической оси. На рис. 204 показана схема укрепления солнечного экрана на менисковом телескопе.

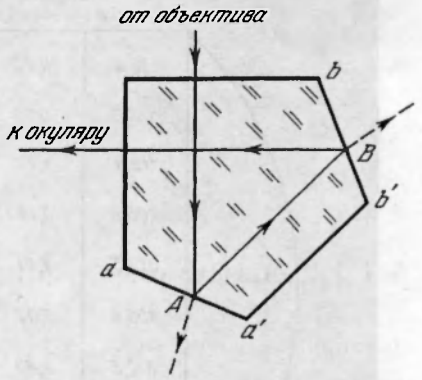


Рис. 219. Пентапризма для солнечных наблюдений. В точках *A* и *B* значительная доля лучей уходит из призмы, преломившись на гранях *aa′* и *bb′*

Зарисовки Солнца должны точно изображать положение и форму пятен, факелов и факельных полей. Наблюдатель, аккуратно совместив края изображения

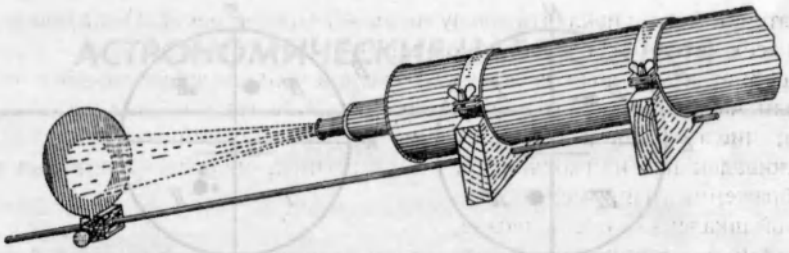


Рис. 220. Солнечный экран

Солнца с заготовленным кружком, острым, но мягким карандашом наносит рарположение пятен, стараясь правильно передать их размеры и интенсивность (черноту), но отнюдь не заботясь о художественной «отделке» рисунка. Выявлению маленьких пятен, лишенных полутени (так называемых *пор*), помогает следующий прием. Надо изготовить небольшую лопаточку (наподобие ракетки для настольного тенниса) из тонкого картона, на которую с одной стороны наклеить хорошую белую бумагу, желательно глянцевую (например, незасвеченную отфиксированную фотографическую бумагу). Положив этот дополнительный экранчик на основной, надо передвигать его взад и вперед вдоль экрана. Самые мелкие поры выявляются при этом лучше, чем при рассматривании на неподвижном экране. С другой стороны

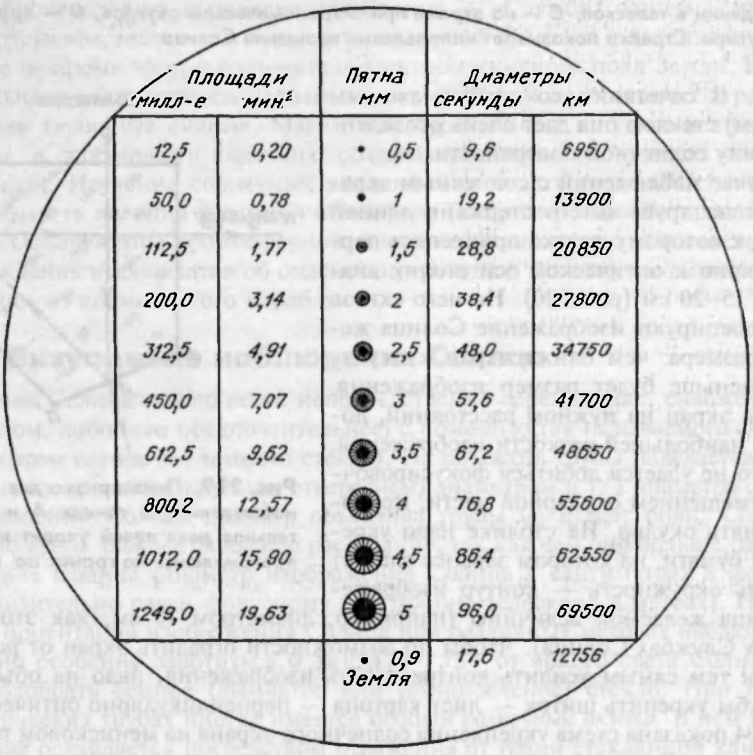


Рис. 221. Шкала солнечных пятен (в первом столбце — площадь пятна в миллионных долях площади видимой полусферы Солнца)

этой лопаточки можно наклеить шкалу солнечных пятен (рис. 221) для оценки общей площади всех пятен (включая и их полутени).

Подробная запись должна содержать число и поясное время наблюдения (до десятой доли часа); номер по порядку; обозначение группы пятен или отдельного пятна; число пятен в группе; величину площади, занимаемой пятном, или сумму площадей пятен, входящих в состав группы; цифровое обозначение качества изображений (например, по пятибалльной шкале: 1 — очень плохое, 5 — отличное). Полезно особо отмечать пятна и группы, проходящие центральный меридиан. Именно они в первую очередь вызывают возмущения магнитного поля Земли. Пятна и группы, появившиеся среди диска, также надо особо отмечать и следить за их развитием. Площадь пятна (включая площадь окружающей его полутени) определяется сравнением со шкалой (рис. 221). В площадь группы входят также участки полутени, не имеющие ядер. Отдельные, наиболее интересные группы пятен надо зарисовать в большом масштабе (глядя сквозь темное стекло прямо в окуляр), чтобы следить за ходом развития группы ото дня ко дню.

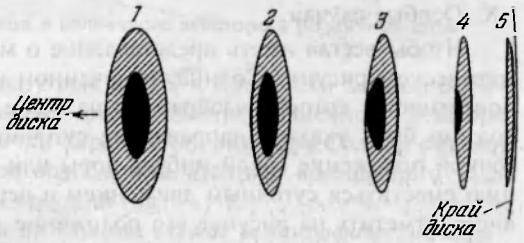


Рис. 222. Искажение формы солнечных пятен вблизи края (явление Вилсона). Внизу снимок А. С. Фомина (ЛОВАГО), сделанный с помощью самодельного телескопа Кассегрена (главное зеркало 123 мм)

При перемещении круглого пятна ближе к краю Солнца оно становится эллипсом, а полутень — асимметричной: шире к краю диска, уже — к его центру. Это так называемое *явление Вилсона* (рис. 222). Создается впечатление, что пятно с полутенью похоже на воронку (наклонные стенки воронки — это полутень). Определение того места диска, где полутень со стороны центра диска исчезает, дает возможность определить глубину «воронки» солнечного пятна. Площадь пятна, форма которого искажена явлением Вилсона, определяется сравнением шкалы рис. 221 с наибольшим диаметром (большой осью) эллипса.

Часто используют следующую классификацию пятен и их групп:

I. Одиночная пора.
II. Группа пор.
III. Одиночное пятно.
IV. Одиночное пятно с порами.

V. Биполярная [1] группа с большим головным пятном.
VI. Биполярная группа с малым пятном впереди.
VII. Биполярная группа с близкими по величине пятнами.
VIII. Многоцентровая группа пор.
IX. Многоцентровая группа пятен.
X. Особые случаи.

Чтобы всегда иметь представление о масштабе рисунков, надо на общем схематическом рисунке Солнца, полученном на экране, отметить границы той части поверхности, которая изображена на более подробном рисунке. На всех рисунках должно быть указано направление суточной параллели. Для этого надо, отметив точкой положение какой-нибудь поры или пятна, дать возможность его изображению сместиться суточным движением и через некоторое время (минуты через 1,5) вновь отметить на рисунке его положение. Соединяя эти отметки прямой линией, получаем направление суточной параллели. Это определение направления параллели лучше провести два раза — до и после зарисовки. При наблюдениях в последующие дни обозначение групп (например, заглавными буквами латинского алфавита или цифрами) надо сохранить.

Так как видимое вращение Солнца происходит с синодическим периодом $27{,}275^d$ (для экваториальных зон), то пятно, появившееся у восточного края Солнца, будет постепенно смещаться на запад, пока не скроется за западным краем Солнца. Некоторые пятна неожиданно возникают в каком-нибудь месте диска Солнца, а другие исчезают, не достигнув западного края. Бывали случаи, когда одно и то же пятно наблюдалось в течение двух-трех оборотов Солнца. Вообще же они исчезают быстрее. Все это необходимо отмечать в журнале наблюдений.

Распространенной характеристикой пятнообразовательной деятельности Солнца служит *относительное число Вольфа* W, пропорциональное удесятеренному числу групп g плюс общее число пятен f:

$$W = k(10g + f), \tag{100}$$

где k — коэффициент, величина которого зависит от наблюдателя и от инструмента и позволяет сравнивать между собой наблюдения, произведенные в различных условиях. При этом необходимо иметь в виду, что каждое ядро, отделенное от другого ядра полутенью, а также отдельные поры, считаются за пятна. При счете групп отдельное пятно и даже отдельная пора также считается за группу.

Числа Вольфа, полученные из наблюдений на инструментах различной силы, надо приводить к одинаковым условиям, например, сравнивая ряды параллельных наблюдений. В Цюрихе (Швейцария) находится Центральное бюро Международной Службы Солнца, в котором составляют сводку всех наблюдений Солнца, а затем публикуют величины W на каждый день, средние значения за каждый месяц, и наконец, средние годовые W (см. табл. 23). Для самой Цюрихской Службы Солнца коэффициент k равняется единице. В России подобные сводки составляют Служба Солнца Пулковской обсерватории. Сопоставив свои данные с их материалами, наблюдатель сможет оценить величину k для своих наблюдений. Среднегодовые и среднемесячные значения чисел Вольфа можно найти в Интернет:

http://sidc.oma.be/DATA/yearssn.dat
http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/sunspots.htm

[1] Состоящая из двух пятен противоположной магнитной полярности.

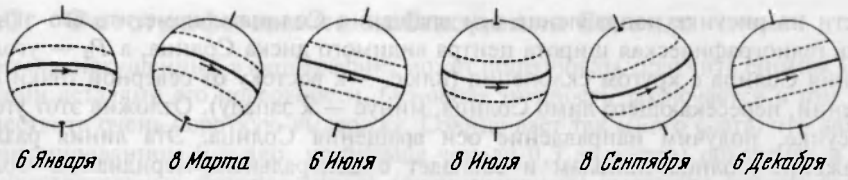


Рис. 223. Положение оси вращения Солнца и солнечного экватора в различные даты

Ось вращения Солнца наклонена под углом 82°45′ к плоскости земной орбиты. Поэтому в разные времена года различно расположение солнечного экватора и полюсов на диске Солнца (рис. 223). Точки пересечения экватора Солнца с плоскостью эклиптики называют узлами экватора Солнца. Долгота восходящего узла равна $73°40' + 0{,}8375'(T - 1850)$, где T — текущий год.

Для определения положения деталей на Солнце служат *гелиографические координаты* — гелиографические широты и долготы. Широты B отсчитываются от солнечного экватора к полюсам, положительные — к северу. Долготы λ отсчитываются от условного *нулевого меридиана Кэррингтона*. Он прошел через восходящий узел экватора Солнца 1 января 1854 г. в 12^h0^m среднего гринвичского времени (юлианская дата J. D. 2 398 220,0) и движется с угловой скоростью 14,1844° в сутки (звездный период обращения $25{,}380^d$). Условились считать за первый оборот Солнца тот, который начался 9 ноября 1853 г. в момент совпадения меридиана Кэррингтона с центральным меридианом Солнца в Гринвиче. Гелиографическая долгота отсчитывается от меридиана Кэррингтона в направлении вращения, т. е. на запад.

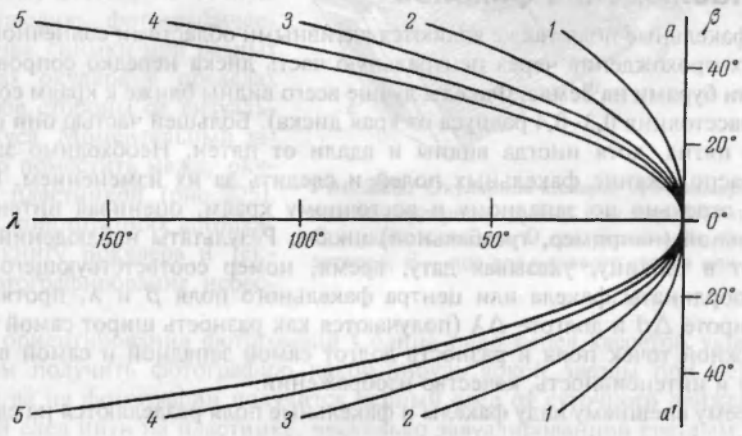


Рис. 224. Изменение формы линии aa', совпадавшей с центральным меридианом, через 1, 2, 3, 4 и 5 оборотов Солнца вследствие увеличения периода вращения с гелиографической широтой β (схема)

Гелиографические координаты деталей меняются со временем как в силу разной скорости вращательного движения разных зон Солнца (рис. 224), так и от того, что солнечные пятна сами немного смещаются по поверхности. Эти координаты определяются следующим образом. Проведя через центр изображения диска Солнца перпендикуляр к направлению суточной параллели, получаем направление круга склонения. В табл. 36 помещены величины B_0 и P_0, которые дают возможность

провести на рисунке направление оси вращения Солнца и наметить его экватор: B_0 есть гелиографическая широта центра видимого диска Солнца, а P_0 — угол оси вращения Солнца с кругом склонения (плюс — к востоку от северной точки круга склонений, пересекающего лимб Солнца, минус — к западу). Отложив этот угол P_0 на рисунке, получим направление оси вращения Солнца. Эта линия разделит изображение Солнца пополам и совпадет с центральным меридианом Солнца. Приложив к рисунку Солнца ортографическую сетку (см. Приложение V) и совмещая ее центральный меридиан с осью вращения, считываем с сетки координаты b' и l' интересующей нас детали. После этого надо ввести поправки Δb и Δl, учитывающие наклон оси вращения Солнца.

Таким образом,

$$B = b' + \Delta b, \quad l = l' + \Delta l,$$

где

$$\Delta b = B_0 \cos l', \quad \Delta l = B_0 \sin l' \operatorname{tg} b',$$

причем, Δb имеет знак B_0, а Δl — знак произведения $B_0 \cdot l' \cdot b'$.

Окончательно гелиографическая долгота λ будет равна

$$\lambda = l + L,$$

где L — гелиографическая долгота центрального меридиана относительно меридиана Кэррингтона. Если λ получится больше 360°, надо вычесть 360°, если λ получится отрицательной — прибавить 360°. Величины L помещаются в разделе «Физические координаты» в астрономических ежегодниках.

5.1.2. Наблюдения факелов

Факелы и факельные поля также являются активными областями солнечной поверхности, и их прохождение через центральную часть диска нередко сопровождается магнитными бурями на Земле. Факелы лучше всего видны ближе к краям солнечного диска (до расстояния 0,3–0,4 радиуса от края диска). Большей частью они окружают солнечные пятна, хотя иногда видны и вдали от пятен. Необходимо зарисовать форму и расположение факельных полей и следить за их изменением. Регистрацию ведут отдельно по западному и восточному краям, оценивая интенсивность в произвольной (например, трехбальной) шкале. Результаты наблюдений факелов записывают в таблицу, указывая дату, время, номер соответствующего рисунка Солнца, координаты факела или центра факельного поля β и λ, протяженность поля по широте $\Delta\beta$ и долготе $\Delta\lambda$ (получаются как разность широт самой северной и самой южной точек поля и разность долгот самой западной и самой восточной точек), тип и интенсивность, качество изображений.

По своему внешнему виду факелы и факельные поля разделяются на следующие три группы.

I. Сплошной факел без особой структуры — светлое пятно или группа светлых пятен.

II. Волокнистый факел нитевидной формы.

III. Точечный факел. Факельное поле в этом случае покрыто светлыми точками.

Очень редко довольно далеко от края Солнца можно заметить яркие точки, выделяющиеся на фоне фотосферы, — это *солнечные вспышки*. Обычно они видны заметно лучше в монохроматическом свете, особенно в лучах линии водорода H_α. Регистрация их очень важна. Надо точно отметить начало и конец этого весьма кратковременного явления.

5.1.3. Фотографические наблюдения Солнца

Любитель, искушенный в фотографии, может попробовать получить снимок Солнца со всеми деталями его поверхности. Основная трудность заключается в том, чтобы осуществить очень короткую выдержку. Солнце дает так много света, что даже при диафрагмированном (однако, не больше чем до 0,3 диаметра) объективе и самых малочувствительных фотопластинках (диапозитивных) выдержка должна быть порядка 1/100–1/300 секунды. Выгодно для этого употребить шторный затвор. При столь короткой экспозиции часовой механизм трубы излишен, так же, впрочем, как и параллактическая установка, т. е. можно использовать простейшую азимутальную монтировку.

Для фотографирования надо изготовить маленькую фотокамеру, в которой объективом будет служить окуляр трубы, а кассета с фотопластинкой должна находиться на некотором расстоянии позади него. Фотокамеру выгоднее укрепить на подвижной части окулярного конца, чтобы передвижением одного лишь окуляра можно было фокусировать изображение Солнца. Камера должна быть светонепроницаемой и вычерненной изнутри. Размеры и устройство кассетной части надо согласовать с величиной получающегося изображения. Первоначальную фокусировку можно произвести на глаз по матовому стеклу, но точную надо проводить фотографически, получая снимки при разных установках окуляра в пределах 1 мм в обе стороны от визуального фокуса. Моментальный затвор надо поместить между окуляром и пластинкой (рис. 225). О других конструкциях астрокамер см. книгу Вокулера и Тексеро «Фотографирование небесных тел».

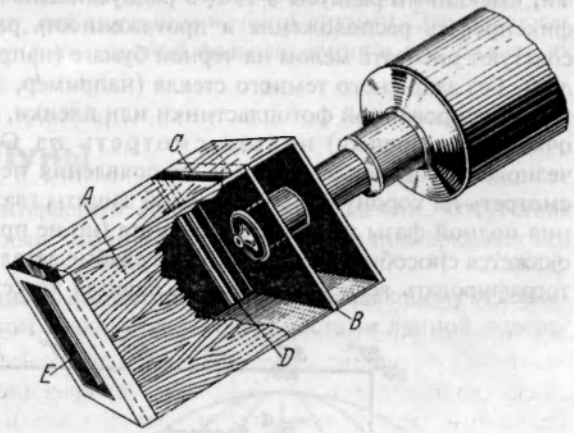


Рис. 225. Окулярная камера: *A* — камера, укрепленная на окулярной трубке, *B* — передняя перегородка, *C* — щель с пазами *D* для укрепления моментального затвора, *E* — паз для матового стекла или кассеты

Для ориентирования фотографий Солнца надо перед кассетой укрепить нить и вечером получить фотографию какой-нибудь яркой звезды при неподвижной трубе. Тогда на фотографии получится черный след от суточного движения звезды и светлый след нити на пластинке, несколько завуалированной светлым фоном неба. Угол между этими следами надо точно измерить и учитывать при ориентировке фотографий Солнца. Конечно, камеру надо укреплять на трубе всегда строго одинаковым образом, для чего на трубе и на камере надо сделать соответствующие метки. Иногда приходится брать более толстую нить, чтобы получить более отчетливый ее след на пластинке.

Перед проявлением необходимо в темноте простым (не химическим!) карандашом отметить на фотографическом слое дату и номер снимка. Все данные о фотографировании надо записать в журнал наблюдений.

Материалы наблюдений Солнца надо направлять время от времени (например, ежемесячно) в Службу Солнца Главной астрономической обсерватории Россий-

ской АН (Пулковской). Надо указать свое имя, отчество, фамилию, адрес, дать подробные сведения об использованном инструменте; отметить качество изображений для каждого наблюдения. Чем подробнее будут сведения о наблюдениях, тем больше пользы можно извлечь из присланных материалов.

5.1.4. Наблюдения солнечных затмений

Возможными объектами этих наблюдений могут быть: солнечная корона (в особенности внутренняя) с деталями ее структуры — лучами, дугами, струями. Желательно получить рисунок (по возможности цветной). Имея в виду малую продолжительность фазы полного затмения, можно сосредоточить внимание на каком-нибудь секторе короны, дав его точную ориентировку относительно суточной параллели.

Полезно заранее потренироваться в таких зарисовках, имея перед глазами на короткое время фотографию короны или диапозитив. Изготовив заранее из тонкой проволоки сетку, в которой ряд радиусов соединен концентрическими окружностями, имеющими радиусы в 1, 2, 3 радиуса солнечного диска, можно будет уверенно фиксировать расположение и протяженность различных деталей короны. Иногда советуют рисовать мелом на черной бумаге (например, оберточной от фотоматериалов). Без защитного темного стекла (например, засвеченной, проявленной на свету и отфиксированной фотопластинки или пленки, или густозакопченного стекла, или очков газосварщика) нельзя смотреть на Солнце[2]. Лишь только после исчезновения последнего луча и до появления первого луча после затмения можно смотреть на корону без специальной защиты глаз! Советуют один глаз до наступления полной фазы подержать в темноте (но не прижимать к нему ничего!). Он тогда окажется способным заметить более слабые детали короны. Можно попытаться сфотографировать весь ход затмения, сдвигая кассету между экспозициями. Во время

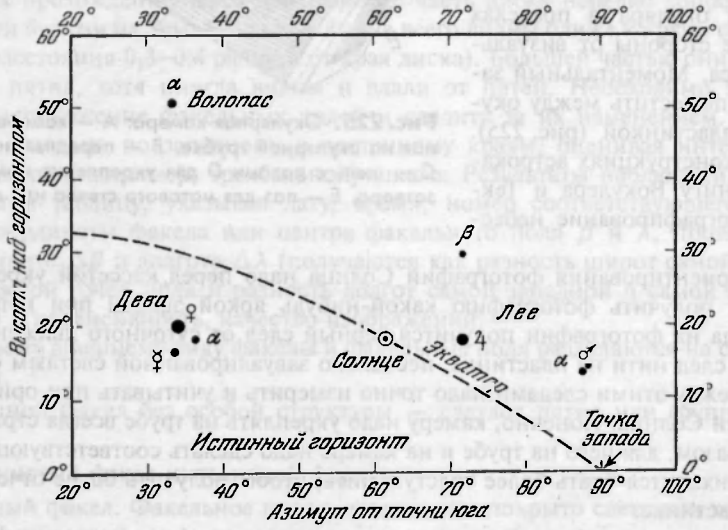


Рис. 226. Пример карты окрестностей Солнца во время полного солнечного затмения

[2] Замечательный советский исследователь переменных звезд Н. Ф. Флоря (см. о нем ИАИ. 1986. Вып. 18. С. 239–258) в юности безвозвратно повредил себе левый глаз, неосторожно поглядев на Солнце в астрономическую трубу.

съемки частных фаз надо учесть все сказанное выше о фотографировании Солнца. Фотографирование полной фазы, т. е. получение снимка короны, требует высокочувствительных пластинок и экспозиций порядка секунд, что для длиннофокусного телескопа возможно только при наличии часового механизма. Для фотографирования внутренней короны достаточны экспозиции порядка 0,1 секунды, что можно сделать и без часового механизма. Пластинки должны иметь противоореольный слой. Интересны снимки, полученные с различными светофильтрами (при условии быстрой их смены и известной кривой их спектральной прозрачности). Со спектральной аппаратурой можно попытаться получить спектр короны, а также «спектр вспышки» (см. рис. 32). Очень важно фиксировать точные моменты получения фотографий.

В момент полной фазы (и даже несколько раньше и после нее) надо сравнить вид звездного неба с приготовленной картой окрестностей Солнца, на которой следует заранее отметить положение близких к нему планет. Может оказаться, что в окрестностях закрытого Луной диска Солнца будет открыта новая комета, вне затмения скрывающаяся в лучах Солнца. Пример такой карты приведен на рис. 226. Представляют научный интерес фенологические наблюдения, т. е. наблюдения над животными, птицами и насекомыми, как домашними, так и дикими. Эти наблюдения надо начинать задолго до наступления полной фазы затмения и продолжать их после ее окончания.

§ 5.2. Наблюдения Луны

Луна представляет собой очень интересный объект для наблюдений. Отсутствие на ней атмосферы делает тени резкими, что при косом освещении подчеркивает все особенности рельефа.

Прилагаемая карта (Приложение I) поможет любителю, обладающему телескопом средней силы, в первоначальном знакомстве с особенностями лунной поверхности. Для углубленного изучения, которое требует более сильных инструментов (позволяющих использовать увеличения в сотни раз), понадобятся более подробные атласы и карты Луны.

Очень интересны следующие наблюдения:

1. Наблюдения изменений вида лунных образований с фазой Луны. Эти изменения обусловлены различием в условиях освещения Солнцем, а также различием в положении тех или иных деталей относительно земного наблюдателя вследствие либрации Луны. По форме теней, отбрасываемых горами и по изменениям этих теней можно судить об истинном строении тех гор, которые мы

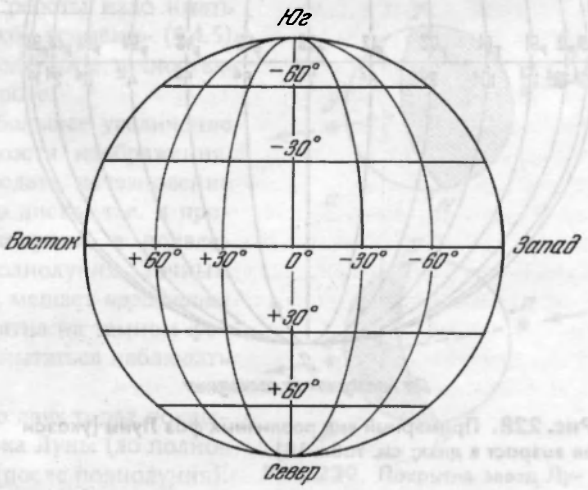


Рис. 227. Селенографические координаты при наблюдении в телескоп. На старых картах запад и восток имеют противоположное направление. С 1961 г. их поменяли местами, чтобы не создавать неудобств для будущих космонавтов на Луне

всегда видим лишь сверху. Иногда наблюдаемые изменения вида детали лунной поверхности могут свидетельствовать об ее действительных изменениях. Особенно ценны патрульные наблюдения отдельных кратеров (например, Альфонса, Аристарха, Тимохариса, Гассенди и некоторых других), в которых иногда заметны извержения газов, вызывающие временные помутнения обычно очень четко различимых деталей.

Однако следует помнить, что на Луне действует очень мало причин, которые могут вызвать подлинные изменения ее поверхности. А изменения освещения в сочетании с действием либраций могут заметно менять облик той или иной детали лунного диска.

2. Изучение кратерных цепочек, которые могут выявиться при особых условиях освещения.

3. Определение окрашенности различных мест на Луне (особенно в «морях») и изменений окраски. Эти наблюдения требуют некоторого опыта, так как на первый взгляд поверхность Луны представляется однотонной. Для наблюдений различной окраски полезно употреблять светофильтры: красный, синий, зеленый, фиолетовый.

При зарисовках деталей лунной поверхности необходимо указывать время зарисовки, чтобы можно было потом определить положение терминатора и условия освещения (высоту Солнца над горизонтом данного места на Луне).

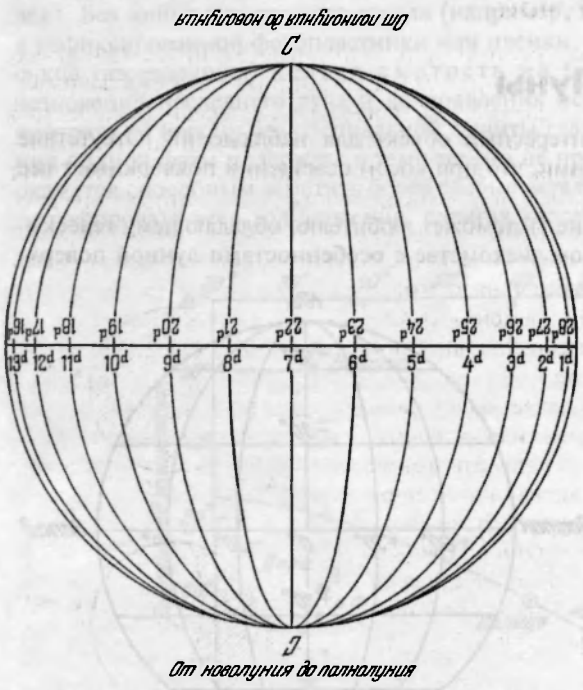


Рис. 228. Примерный вид различных фаз Луны (указан ее возраст в днях; см. табл. 18)

Для указания места на Луне пользуются *селенографическими координатами*: долготой λ и широтой β. Эту систему можно изобразить в *ортографической проекции*, когда меридианы представляются полуэллипсами, а параллели — прямыми линиями (рис. 227).

Можно также воспользоваться описанной выше сеткой для наблюдения Солнца (Приложение V) и по данным из астрономического Ежегодника или АК о физических координатах Луны (α_0 — селенографическая долгота, β_0 — широта центра диска Луны в данный момент и P — позиционный угол центрального меридиана) соответственным образом ориентировать сетку относительно изображения Луны и измерять координаты деталей по этой сетке.

Долготы на Луне отсчитываются от *нулевого меридиана*, который делит диск Луны пополам при либрации по долготе, равной нулю[3] (положительные долготы —

[3] Иначе: начальный меридиан совпадает с центральным; тогда Луна находится одновременно на линии узлов и на линии апсид лунной орбиты.

к востоку, отрицательные — к западу). Положительные широты отсчитываются к северу от лунного экватора, отрицательные — к югу.

Приближенно вид Луны можно определить по табл. 18 и по рис. 228, который надо рассматривать в двух положениях (сообразно фазам Луны).

5.2.1. Фотографирование Луны

Аппаратурой, предназначенной для фотографирования Солнца (п. 5.1.3), можно воспользоваться и для фотографирования Луны. Желательно пользоваться пластинками высокой чувствительности, так как выдержка не должна быть столь малой, как для Солнца. При фотографировании с окулярной камерой выдержку приходится увеличивать до секунды, что уже требует часового механизма для ведения трубы. Употребление слабого желтого фильтра может увеличить четкость изображения, так как он не пропускает далекие фиолетовые лучи, сильно действующие на фотопластинки, но не собирающиеся объективом трубы в один фокус с другими лучами видимого спектра. Фотографирование следа суточного движения одной яркой звезды при неподвижной трубе дает направление небесной параллели.

5.2.2. Покрытие звезд Луной

Наблюдение покрытий звезд Луной состоит в точной регистрации (с точностью до $0{,}5^s$) моментов исчезновения и появления тех звезд, которые на время закрываются Луной, перемещающейся среди звезд с запада на восток со средней скоростью около 13,2° в сутки. Несмотря на многолетние наблюдения Луны и многочисленные исследования теории ее движения, до сих пор нельзя предсказать наступления и продолжительности покрытий звезд Луной с такой точностью, с которой предвычисляются многие другие небесные явления. Поэтому наблюдения покрытий звезд могут дать ценные данные для улучшения весьма сложной теории движения Луны. Для серьезной постановки этой работы надо иметь очень хорошо налаженную «службу времени» (§ 4.5) и знать координаты места наблюдения с точностью до $0{,}1^m$ по долготе и до 1′ по широте.

Чем больше телескоп, тем большее увеличение он может дать без потери четкости изображения. Удобнее всего (и точнее) наблюдать исчезновение звезд за темным краем лунного диска, т. е. в промежутке от новолуния до полнолуния, а появление (или открытие) — после полнолуния. Точным наблюдениям около яркого края мешает *иррадиация* (кажущееся увеличение яркого пятна на темном фоне). Однако яркие звезды можно пытаться наблюдать и в этом случае.

Рис. 229 дает представление о двух типах покрытий: покрытие темным краем диска Луны (до полнолуния) и покрытие ярким краем (после полнолуния). Стрелками показано движение звезды относительно Луны, как оно наблюдается в телескоп (юг — вверху рисунка). Очевидно, что во время полнолуния и покрытие и открытие звезды будут наблюдаться за ярким краем диска Луны.

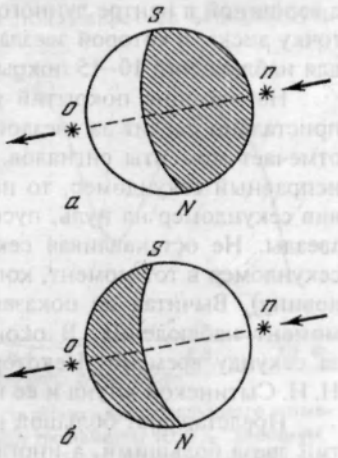


Рис. 229. Покрытия звезд Луной: покрытие темным краем (от новолуния до полнолуния) (а); покрытие ярким краем (от полнолуния до новолуния (б). Стрелки показывают относительное движение звезды

Весьма интересно покрытие группы ярких звезд скопления Плеяд (см. рис. 112, а также табл. 49 и приведенную там карту скопления. Так как путь Луны среди звезд периодически несколько меняется, то покрытия Плеяд происходят не каждый месяц и даже не каждый год.

Изредка можно наблюдать покрытие Луной планет, а также покрытие звезд планетами. В отличие от звезды, планета не скрывается сразу за краем Луны: можно заметить и первое соприкосновение дисков планеты и Луны, и момент полного исчезновения планет за Луной. То же касается и появления планет из-за диска Луны. Если вести фотометрические наблюдения покрытия с быстродействующей регистрационной аппаратурой, скажется дифракция. Кривую блеска можно анализировать для возможного измерения углового диаметра звезды, если он не очень мал, или для обнаружения двойственности, если компоненты не слишком отличаются по блеску.

Во время лунных затмений, в особенности полных, можно примерно в одинаково удобных условиях наблюдать как исчезновение, так и появление довольно слабых звезд, поскольку яркость Луны ослаблена затмением.

Если в течение часа-двух до покрытия наблюдать движение Луны среди звезд, то можно довольно точно наметить направление ее движения и те точки лунного диска, в которых скроется и появится интересующая нас звезда.

Наибольшая продолжительность покрытия звезды Луной — около часа. Наименьшая, равная нулю, соответствует касанию лунным диском звезды. При касательных покрытиях звезд в областях вблизи северного и южного полюсов Луны можно наблюдать многократные покрытия звезды верхушками лунных гор. Их наблюдения очень ценны для уточнения рельефа лунного края (краевой зоны).

Можно заранее рассчитать моменты и продолжительность покрытий, а также точки исчезновения и появления звезд, пользуясь данными в астрономических ежегодниках, где для ряда городов СНГ даются предвычисленные моменты каждого покрытия и угол положения соответствующих точек лунного диска (т. е. угол с вершиной в центре лунного диска между кругом склонения и направлением на ту точку диска, в которой звезда скроется или появится). В течение года благоприятны для наблюдений 10–15 покрытий звезд ярче $5{,}0^m$.

Наблюдения покрытий удобнее всего вести вдвоем — один из наблюдателей пристально следит за звездой в трубу и дает сигналы, а другой как можно точнее отмечает моменты сигналов. Если помимо часов с известной поправкой имеется исправный секундомер, то наблюдение покрытий можно вести и одному. Установив секундомер на нуль, пускаем его в ход в момент исчезновения или появления звезды. Не останавливая секундомера, идем к основным часам и останавливаем секундомер в тот момент, когда основные часы показывают целую минуту (или половину). Вычитая из показаний часов показания секундомера, получаем точный момент наблюдения. В окончательном результате надо быть вполне уверенным за секунду времени. Некоторые дополнительные сведения можно найти в книге Н. Н. Сытинской «Луна и ее наблюдение».

Представляют большой интерес наблюдения весьма редких явлений — покрытий звезд большими, а иногда и малыми планетами. При этом важно очень точно отмечать начало и конец явления (т. е. моменты исчезновения и появления вновь звезды), а также получить фотометрическую кривую этих изменений. Знание этих моментов дает материал для уточнения теории движения планет и для определения углового (а затем и линейного) диаметра. Фотометрическая кривая позволит умножить данные об атмосферах планет (см. п. 1.6.7 об обнаружении колец Урана в процессе наблюдения покрытия звезды SAO 158687 планетой).

17 августа 1979 г. в 18 ч 30 мин UT астероид Немауза покрыл на несколько секунд звезду 8^m на севере созвездия Козерога. Поперечник этой малой планеты всего 150 км, и, следовательно, нельзя было точно предсказать путь ее «тени» по поверхности Земли. Поэтому в полосе шириной в несколько сот километров от предполагаемой «полосы затмения» в СССР были организованы профессиональные и любительские наблюдения, давшие интересные результаты.

§ 5.3. Наблюдения лунных затмений

Лунные затмения отличаются друг от друга глубиной погружения Луны в земную тень, интенсивностью и цветом затменной Луны. Форма края земной тени на Луне, окраска тени и их изменение в ходе затмения, видимость различных деталей лунной поверхности характеризуют состояние земной атмосферы, в том числе самых высоких ее слоев. Внимательное наблюдение за всеми фазами лунного затмения и регистрация упомянутых характеристик могут дать интересные и важные сведения для геофизики.

Весьма распространенной является оценка окраски и яркости затмения Луны по шкале А. Данжона, выработанной им в связи с изучением зависимости яркости земной тени от солнечной активности:

0 — затмение очень темное, в середине затмения Луны почти не видно;
1 — затмение темно-серое, детали поверхности Луны различаются с трудом;
2 — затмение темно-красное или рыжеватое, в середине затмения центр более темный;
3 — цвет кирпично-красный, тень окружена серовато-желтой каймой;
4 — затмение медно-красное, очень яркое, видны основные детали поверхности Луны, кайма светло-голубоватая.

Обработка 133 оценок яркости 76 лунных затмений (с 1917 по 1968 г.) показала, что земная тень в течение минимума солнечной активности очень темна, но постепенно яркость ее увеличивается. Рис. 230 показывает ее зависимость от фазы цикла солнечной активности $\Phi = (T-T_1)/(T_2-T_1)$, где T_1 и T_2 — годы минимумов данного и последующего циклов.

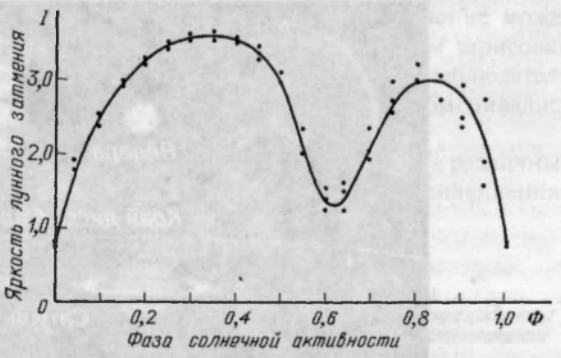


Рис. 230. Зависимость оценки яркости лунного затмения от фазы солнечной активности (0,0 — минимум, 1,0 — следующий минимум). По данным А. М. Бахарева и В. М. Чернова (Изв. АН Тадж. ССР, отд. физ.-мат. и геолого-хим. наук, 1970, 2136)

В течение трех-четырех лет перед минимумом тень Земли интенсивно окрашена в красный или оранжевый цвет. Полученная двугорбая кривая может быть представлена формулой, по которой можно предвычислить (с погрешностью не более 5 %) яркость предстоящего лунного затмения. Однако замечено, что вулканические извержения на Земле, сопровождающиеся выбросами в атмосферу вулканического пепла и газов, сказываются на яркости лунных затмений — они бывают гораздо темнее предсказанных. Максимумы яркости лунных затмений при фазах $\Phi = 0{,}35$ и $0{,}78$ совпадают с максимумами числа комет, видимых невооруженным глазом. Очевидно, оба явления отражают влияние

солнечной активности на состояние земной атмосферы. Однако двухвершинность соответствующих кривых еще не получила полного объяснения.

Наибольшая продолжительность лунного затмения будет в случае так называемого *центрального затмения*, когда центр диска Луны пересечет центр земной тени. Рис. 231 показывает средние интервалы времени между различными фазами затмения.

В книге чешского астронома Ф. Линка «Лунные затмения» приведена история и методика всех исследований лунных затмений и намечены перспективы дальнейших работ. В некоторых из них могут принять участие и любители. См. также статью Н. Н. Сытинской в ПЧАК, 7-е изд., 1981 г.

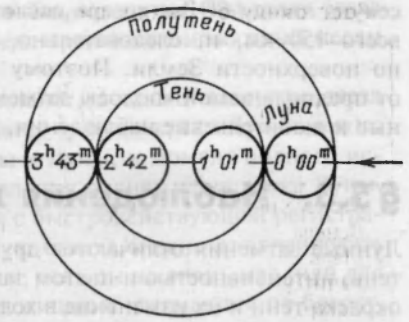


Рис. 231. Ход центрального лунного затмения. Стрелка указывает направление движения Луны

§ 5.4. Наблюдения планет

На рис. 232 показаны видимые размеры планет при их наибольшем и наименьшем расстояниях от Земли. В табл. XXXI даны соответствующие угловые размеры планет, а также их звездные величины в наибольшем и наименьшем блеске.

Наблюдатель, умеющий точно зарисовать подмеченные детали поверхности, пользуясь телескопом с отверстием не менее 125 мм (5 дюймов) при прозрачной атмосфере, может получить ценные для науки результаты.

Как известно, рассматривание фотографий планет, даже полученных с большими инструментами, вызывает чувство разочарования в этом мощном методе

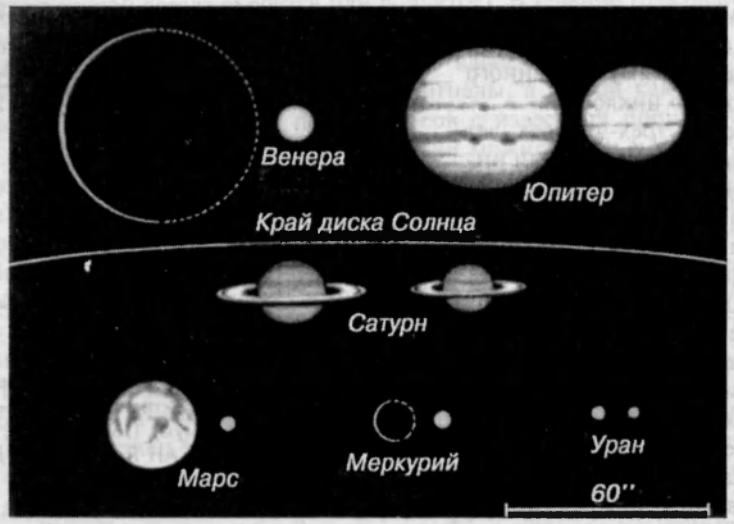


Рис. 232. Относительные видимые размеры планет при наибольшем приближении к Земле и при наибольшем удалении от нее. Диск Солнца в этом масштабе имеет диаметр 93 см. Отношение истинных размеров см. рис. 46

Таблица XXXI

Расстояния от Земли, видимые угловые размеры и звездные величины планет

Планета	Расстояние от Земли (в а. е.)		Угловой экваториальный диаметр, ″		Блеск (в звездных величинах), m	
	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.
Меркурий	1,47	0,53	12,1	4,6	−1,5	+1,9
Венера	1,73	0,27	65,2	9,7	−4,4	−3,2
Марс	2,61	0,37	25,7	3,5	−2,7	+2,0
Юпитер	6,45	3,95	50,0	30,5	−2,4	−1,4
Сатурн	11,07	8,00	20,8	15,0	−0,9	+1,4
Уран	21,07	17,29	4,0	3,5	+5,67	+5,9
Нептун	31,31	28,80	2,5	2,3	+7,7	+7,8
Плутон	50,5	28,75	0,37	0,2	+13,7	+15,9

исследования. На большинстве фотографий видно гораздо меньше подробностей, чем при непосредственном наблюдении в трубу, — все детали поверхности размыты, туманны, как будто вне фокуса. Замывание деталей объясняется колебаниями воздуха в течение сравнительно длительной выдержки. Терпеливый наблюдатель, выбрав подходящее увеличение (не обязательно самое большое), может дождаться момента мгновенного спокойствия воздуха, усмотреть и запомнить, а потом немедленно зарисовать ту или иную деталь и вновь терпеливо ждать следующего благоприятного момента. Из-за того же неспокойствия атмосферы, которое замывает детали на фотографии планеты, бывает невыгодно применять большие увеличения. Конечно, наблюдатель, напряженно вглядываясь в еле различимые мелкие детали, склонен то, что он видит, дополнять тем, что ему кажется (или хочется увидеть). Средством против этого могут служить только непредубежденные и независимые повторные наблюдения. Весьма ценны одновременные, но совершенно независимые друг от друга зарисовки нескольких наблюдателей. Их последующее сравнение может дать более объективные данные о характере тех или иных деталей, чем зарисовки одного наблюдателя. В этом случае совершенно необходимо, чтобы наблюдатели не только не показывали друг другу рисунков во время работы, но и не обменивались впечатлениями о виденном.

Для облегчения обработки рисунков с целью определения положения различных деталей на поверхности планет в Приложении VI приводятся две сетки: сплющенная для наблюдений Юпитера и Сатурна и круговая для планет, не имеющих заметной сплющенности.

Как обычно, необходимо в журнале наблюдений записывать данные об использованном инструменте и взятом увеличении, о качестве изображений, дату и момент наблюдений, ориентировку диска (рис. 218), а также *фазовый угол планеты* ψ, который определяется направлениями из центра планеты на Солнце и к Земле (рис. 233). *Фазой планеты* Φ называется отношение площади освещенной части видимого диска ко всей его площади. Связь фазы планеты

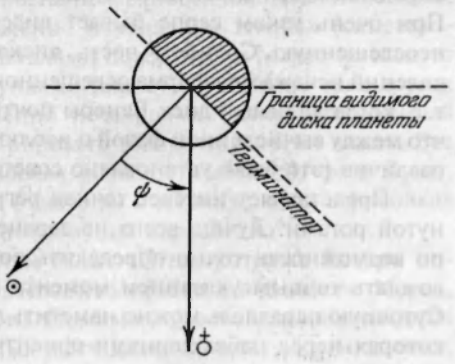


Рис. 233. Фазовый угол планеты

с фазовым углом дает формула

$$\Phi = \cos^2 \frac{\psi}{2}. \qquad (101)$$

Фазовый угол нижней планеты может меняться от 0 до 180° и, следовательно, фаза — от 1 до 0. Для верхних планет фазовый угол достигает максимума в квадратурах. Для Марса это не более 48,3°, для Юпитера — 11,6°, а для всех других — меньше 10°. Фаза планеты Марс всегда больше 0,84, а для других верхних планет — еще ближе к единице, т. е. всегда освещен почти весь видимый диск. Фазовый угол считается отрицательным до оппозиции, положительным — после нее.

5.4.1. Венера

Ее звездная величина в максимуме блеска достигает $-4{,}4^m$. В наибольшем блеске Венера бывает за 36 дней до нижнего соединения и через 36 дней после него (рис. 234). Угловой диаметр планеты в это время 40″, а ширина серпа 10″. В эти периоды

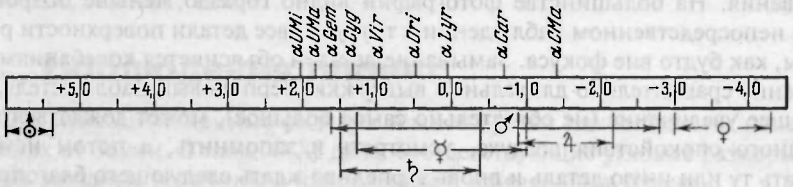


Рис. 234. Пределы изменения блеска ярких планет по сравнению с блеском нескольких ярких звезд

на Земле в безлунные ночи можно видеть довольно резкие тени, которые дают предметы, освещенные Венерой. При благоприятном расположении относительно Солнца и горизонта ее можно видеть даже днем невооруженным глазом. Подобно Луне, Венера проходит последовательность фаз: от тонкого узкого серпа вблизи нижнего соединения с Солнцем до полукруга в моменты наибольших элонгаций и полного диска вблизи верхнего соединения. Средний синодический период Венеры $583{,}920^d$ (в действительности истинные периоды группируются в серии из пяти периодов: ~580, ~587, ~583, ~583 и ~587 суток).

Благодаря наличию атмосферы на Венере ее рога видны гораздо дальше границ, определяемых направлением падающих на поверхность Венеры солнечных лучей. При очень узком серпе бывает виден слабо светящийся ободок, охватывающий неосвещенную Солнцем часть диска планеты. Вследствие этих же сумеречных явлений искажается форма освещенного диска Венеры при фазах, близких к единице, т. е. когда видимый диск Венеры почти полностью освещен Солнцем. Оказывается, что между вычисленной фазой и наблюдаемой существует некоторое систематическое различие (это было установлено советскими любителями астрономии).

Представляет интерес точная регистрация формы рогов и величины дуги, стянутой рогами. Лучше всего на заранее нарисованном кружке (диаметром 4–5 см) по возможности точно определить положение концов серпа. Рисунок надо сопровождать точным указанием момента времени и направления суточной параллели. Суточную параллель можно наметить либо по направлению одной из нитей окуляра, которая перед наблюдениями ориентируется вдоль параллели, либо по смещению планеты в поле зрения при неподвижной трубе.

Особое внимание надо уделить наблюдению формы терминатора (границы между освещенной и неосвещенной частями поверхности планеты). Как известно, Венера покрыта густым слоем облаков, сквозь которые не видно поверхности планеты. Однако неоднократно замечались разные особенности в виде зазубрин терминатора, размытых темных и светлых пятен, которые как-то отражают физическую природу поверхности планеты. Помимо зарисовок этих пятен надо оценивать их интенсивность в какой-нибудь произвольной шкале, например пятибальной. Иногда контрастность деталей можно усилить светофильтрами (синим или голубым, желтым или оранжевым). Некоторые наблюдатели считают, что выгоднее наблюдать Венеру при закате Солнца или в сумерки, чем на фоне ночного неба, когда ее яркий блеск слепит глаза.

Важно отметить момент, когда терминатор превращается в прямую линию, т. е. наступает *дихотомия*. Иногда на Венере наблюдается явление, аналогичное пепельному свету Луны: видна часть неосвещенного диска планеты. Важно установить, позволяет ли пепельный свет видеть весь диск планеты или видна только его часть у терминатора.

5.4.2. Марс

Наблюдения Марса требуют достаточно мощных оптических средств, обычно недоступных любителям. Угловой диаметр Марса меняется в пределах от 3,5″ до 25,7″. При самых благоприятных условиях при 75-кратном увеличении диск Марса кажется почти таких же размеров, как диск Луны, рассматриваемый простым глазом. Детали его поверхности (см. Приложение II) позволяют с легкостью определить период вращения Марса вокруг оси. Он равен $24^h37^m23^s$. Полярные шапки Марса особенно отчетливо обнаруживают изменения, соответствующие смене времен года на этой планете. Как всякую верхнюю планету, Марс выгоднее всего наблюдать во время противостояний. Благоприятные противостояния бывают в августе-сентябре, а менее благоприятные в феврале-марте. Это зависит от расстояния между Землей и Марсом во время противостояний (рис. 235). Так как обе планеты движутся по эллиптическим орбитам, то это расстояние меняется. Наибольшее сближение планет — «великое противостояние» — повторяется через 15 или 17 лет. Последнее великое противостояние было в 1988 г.; следующее будет в 2003 г. В эпохи великих противостояний Марс ярче Юпитера, во времена своих наибольших удалений от Земли он несколько ярче Полярной звезды (см. рис. 234). На условия видимости влияет, конечно, и положение планеты относительно эклиптики (эклиптическая широта Марса).

Представляют интерес сезонные изменения на поверхности планеты: изменение величины и формы полярных шапок, появление и усиление темных (синевато-зеленого цвета) пятен. При ознакомлении с деталями поверхности Марса не следует пользоваться какими-либо картами или рисунками планеты. Как и во всех других случаях, наблюдения должны быть совершенно независимы: непредубежденный наблюдатель должен возможно точнее регистрировать только то, что он видит. Все обстоятельства наблюдений (хорошая или плохая видимость деталей, фаза Луны, яркая заря, облачность и т. д.) должны быть отмечены в журнале. При зарисовках для ориентировки надо указывать направление суточной параллели.

На поверхности Марса иногда замечаются белые пятна, которые быстро меняют свою форму и пропадают. Вероятнее всего, это облака в атмосфере Марса, а иногда твердые осадки (иней) на поверхности. Помимо этого иногда наблюдаются внезапные изменения прозрачности отдельных мест диска Марса — помутнения. Некоторые астрономы считают их облаками желтой пыли, которую поднимают

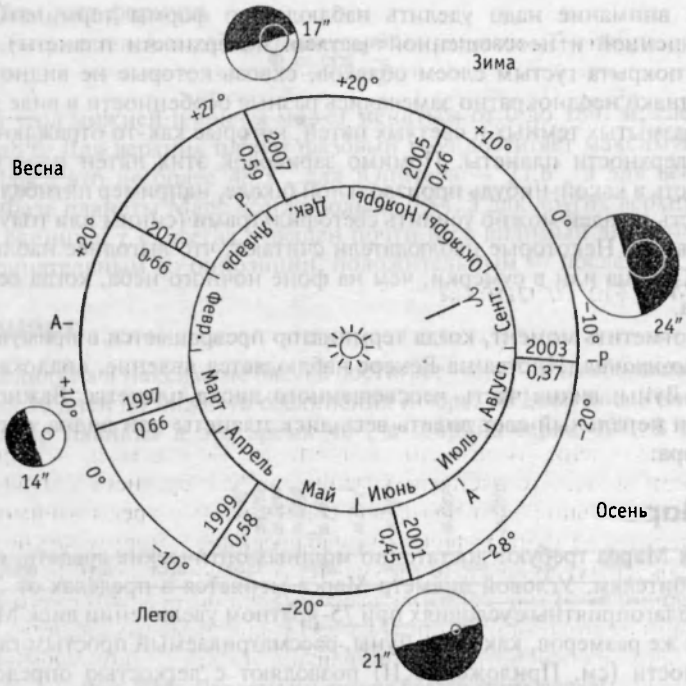


Рис. 235. Противостояния Марса с 1997 по 2010 гг. Указаны афелий (А) и перигелий (Р) орбит Земли и Марса, даты и расстояния (в а. е.) в момент противостояния, а также приблизительное склонение Марса (от +27˚ до −28˚). Четыре изображения Марса даны в двух равноденствиях и двух солнцестояниях; указаны угловые размеры диска. Маленьким кружком показано положение и примерный размер северной полярной шапки (по Р. Бишопу)

ветры на поверхности планеты. Контрастность деталей несколько возрастет, если наблюдение вести через желтый или красный светофильтры.

Можно наметить следующую программу для наблюдателей, обладающих небольшими телескопами.

1. Зарисовка деталей поверхности планеты, рассматриваемых сквозь светофильтры (красный, желтый, зеленый и синий). При этих зарисовках необходимо отмечать время с точностью до 1–2 минут и оценивать в пятибалльной шкале видимость различных пятен на поверхности Марса.

2. Определение контраста между темными пятнами и сушей, между светлыми пятнами и сушей при рассматривании сквозь разные светофильтры.

3. Определение расположения белых и пылевых облаков.

4. Определение размеров и оценка яркости полярных шапок по отношению к центру диска.

5. При особенно благоприятных условиях наблюдений, позволяющих использовать большие увеличения, — определение видимости «каналов», их формы.

Внимательное и систематическое наблюдение всех этих деталей, в особенности в телескоп с отверстием не меньше 5–6 дюймов, может открыть новые закономерности и новые явления на этой интересной планете. На длиннофокусном телескопе с объективом в 200–250 мм можно попытаться провести фотографирование Марса.

Таблица XXXII

Периоды вращения P и амплитуды колебаний блеска A некоторых малых планет

Название	P	A	Название	P	A
1 Церера	9^h05^m	$0{,}04^m$	6 Геба	7^h16^m	$0{,}2^m$
2 Паллада	7 49	0,1	7 Ирис	7 08	0,2
3 Юнона	7 13	0,2	15 Эвномия	6 05	0,5
4 Веста	5 21	0,1	18 Мельпомена	11 34	0,3

5.4.3. Малые планеты

В периоды противостояний самых ярких малых планет можно надеяться увидеть некоторые из них в виде слабых звездочек, хотя они всегда слабее 6^m. Как указывалось выше (п. 1.6.4), у некоторых из них обнаружены колебания блеска (см. табл. XXXII), наблюдения которых можно производить по методу, применяемому для переменных звезд. Эти наблюдения осложнены тем, что малые планеты непрерывно перемещаются среди звезд, что заставляет менять звезды сравнения. При этом каждую новую звезду сравнения надо тщательно сопоставлять с предыдущими. Это касается визуальных, а также фотографических наблюдений, которые можно ставить лишь на длиннофокусных камерах с инструментами с часовым механизмом.

Эфемериды ярких малых планет даются в астрономических ежегодниках, а также в специальном ежегодном издании ИТА «Эфемериды малых планет». Данные об орбитах и физических параметрах можно найти в Интернет: http://pdssbn.astro.umd.edu //sbnhtml/index.html#asteroids

5.4.4. Юпитер

Даже в небольшую трубу (начиная с 4–6 дюймов) Юпитер с его четырьмя яркими спутниками представляет прекрасное зрелище. В эпохи противостояний Юпитер виден всю ночь. Великие противостояния происходят раз в 83 года. Последнее было в 1951 г.

Сплюснутый диск Юпитера пересечен темными и светлыми полосами, расположенными параллельно экватору планеты (см. рис. 58). Диск планеты ярче в центре, чем по краям (это хорошо видно на фотографиях), что свидетельствует о наличии обширной атмосферы. Вследствие быстрого вращения планеты облачные образования в ее атмосфере располагаются вдоль экватора, причем интенсивность, цвет, ширина и само расположение образующихся полос меняются со временем, иногда за месяцы.

Имеется 11 определенных полос или течений: главные из них показаны на рис. 236. Иногда в атмосфере Юпитера появляются пятна, которые сохраняются в течение нескольких месяцев. В 1878 г. в южном полушарии планеты на широте около 20° было обнаружено большое овальное «Красное Пятно»[4], как бы «обтекаемое» облаками. Его размеры 40 × 13 тыс. км. Оно наблюдается уже больше ста лет, то становясь более заметным и усиливая свою интенсивность, то почти исчезая. В 1901 г. на той же широте появилась темная полоса длиной около 70 000 км. Это Южное Тропическое Возмущение. Оно движется вдоль полосы быстрее, чем Красное Пятно и, обгоняя его, обтекает его двумя потоками.

Представляет несомненный интерес определение положения полос, измерение их ширины окулярным микрометром или шкалой, помещенной в фокусе трубы,

[4] Можно предполагать, что его видел еще в 1665 г. Кассини.

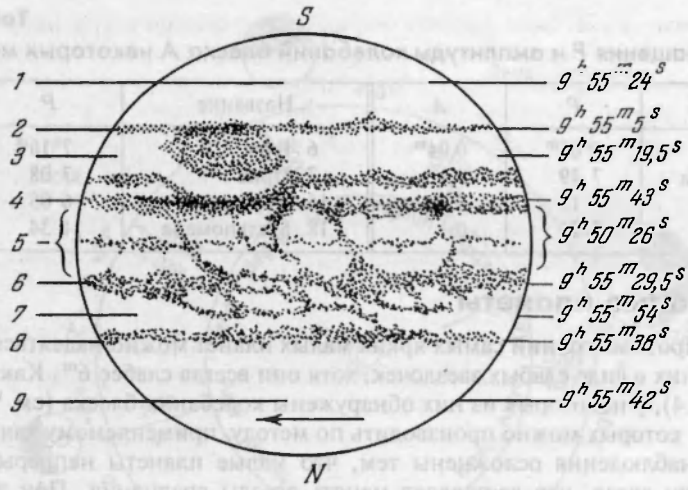


Рис. 236. Схематический рисунок, показывающий расположение темных полос и светлых зон на поверхности Юпитера: *1* — южная полярная область, *2* — южная умеренная полоса с Красным Пятном, *3* — южная умеренная зона, *4* — южная тропическая полоса, *5* — экваториальная зона с узкой экваториальной полосой, *6* — северная тропическая полоса, *7* — северная умеренная зона, *8* — северная умеренная полоса, *9* — северная полярная область. Стрелка отмечает направление вращения планеты. Справа — соответствующие периоды вращения

а также получение зарисовок деталей поверхности Юпитера. Для зарисовки планеты надо заранее начертить сплюснутый круг со сжатием 1/16. Это можно сделать так: наметить квадрат со сторонами в 3,5 мм (рис. 237), из верхнего и нижнего углов провести дуги радиусом в 26 мм, длиной в четверть окружности, причем из нижнего угла провести дугу вверху, а из верхнего — внизу; из правого угла направо, а из левого налево провести дуги радиусом в 22,5 мм. Все эти дуги вместе образуют фигуру сплюснутого диска Юпитера [5].

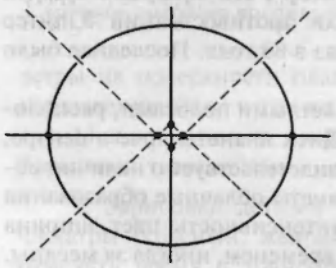


Рис. 237. Вычерчивание диска Юпитера

Вне диска надо наметить направление экватора планеты. На полученном сплюснутом круге мягким карандашом наносят все детали, различимые в моменты хорошей видимости. Ввиду быстрого вращения Юпитера весьма важно точное указание времени наблюдения. Для регистрируемых деталей необходимо указывать моменты прохождения через центральный меридиан, делящий диск точно пополам.

В самих полосах необходимо отмечать все детали — выступы, углубления, перемычки, разветвления и пр. При наблюдениях с помощью рефлектора или ахроматического рефрактора можно заметить различия в цвете полос и отдельных деталей. Вообще говоря, окраска полос преимущественно желтая, желто-серая, коричневая, но встречаются зеленоватые, серые и голубоватые полосы и детали.

Так как на рисунке трудно отобразить различие интенсивностей полос и деталей, то полезно дополнить рисунок оценками интенсивности деталей по семибальной шкале, в которой самые яркие части экваториальной зоны соответствуют баллу 0,

[5] Можно воспользоваться контуром координатной сетки Приложения VI.

а самые темные пятна — баллу 5 (темнее их только тень спутника — балл 6). В силу быстрого вращения планеты одно наблюдение должно отнимать не более 10–15 минут. Повторные наблюдения (независимые от первых) полезно проводить через час-полтора[6].

Представляют большую ценность измерения интегрального блеска Юпитера, который, по-видимому, за последние сто лет претерпевал существенные изменения. К сожалению, в прошлом эти наблюдения не были достаточно регулярными. Они должны быть достаточно точны и обеспечены хорошими величинами звезд сравнения. Это очень благодарная задача для любителей, проводящих фотоэлектрические наблюдения.

Для сравнения блеска планет и для обнаружений истинных колебаний блеска его приводят к так называемым стандартным условиям, а именно: расстояние от Солнца — 1 а.е., расстояние от Земли также 1 а.е. и фазовый угол 0°.

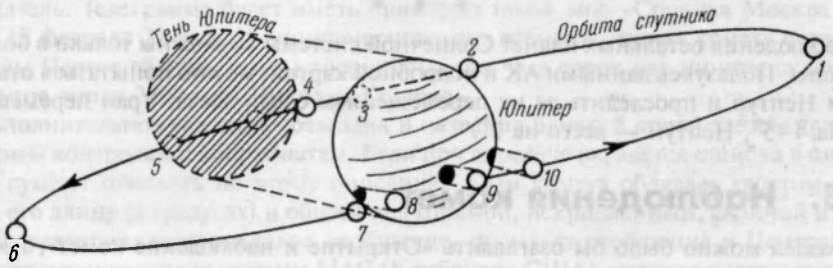


Рис. 238. Различные положения спутника относительно Юпитера (Солнце расположено справа за спиной у наблюдателя): *1* — западная элонгация, *2* — спутник скрывается за диском Юпитера, *3* — спутник показывается из-за диска планеты, *4* — спутник попадает в тень, отбрасываемую планетой (затмение спутника), *5* — спутник выходит из тени Юпитера, *6* — восточная элонгация, *7* — спутник вступает на диск планеты (начало прохождения по диску Юпитера), *8* — на диске появляется тень спутника, *9* — спутник начинает сходить с диска планеты, *10* — тень спутника сходит с диска Юпитера. (Рисунок заимствован из голландского «Атласа Вселенной», составленного Б. Эрнстом и Т. де Фризом, 1958)

Скромным оптическим средствам любителя доступны только четыре самых ярких (галилеевых) спутника Юпитера, представляющиеся светящимися точками, не имеющими видимого диска. Они быстро меняют свое расположение относительно планеты, оставаясь всегда почти на одной прямой, проходящей вдоль экватора Юпитера. В течение нескольких часов наблюдений можно заметить покрытие спутника Юпитера, затмение спутника, попавшего в тень планеты, или тень спутника на поверхности планеты (рис. 238). В АК дается расположение галилеевых спутников относительно диска планеты на каждый день и эфемериды затмений спутников. Их наблюдение требует хороших часов, поправка которых должна быть известна с точностью до 1–2 секунд. Вследствие вращения спутников вокруг осей наблюдаются колебания их блеска.

5.4.5. Сатурн

Сатурн с кольцами — одно из замечательных астрономических зрелищ. Уже в трехдюймовый телескоп можно разглядеть так называемую *щель Кассини*, которая делит

[6] Образцы весьма интересных обработок наблюдений Юпитера см. в сборнике ВАГО «Исследования планеты Юпитер», 1967 и в АВ. 1972. № 2 и 3.

кольцо Сатурна на две части. Диск планеты темнее к краям, что также является следствием поглощения света в атмосфере большой толщины. Представляют интерес зарисовки полос быстро вращающегося Сатурна (сплюснутость диска 1/11). Интересны определения блеска звезд при покрытиях их кольцами Сатурна. К этим оценкам, которые надо делать через равные промежутки времени в течение всего прохождения, надо приложить рисунок, на котором следует отметить путь звезды относительно Сатурна и его кольца, и список звезд сравнения (еще лучше — карту окрестностей с отмеченными звездами сравнения). О методах определения блеска см. в разделе 5.8.

На рис. 62 показан вид Сатурна в различные годы. Последнее исчезновение колец было в 1995 г. Следующее будет в 2009 г.

Из спутников Сатурна можно во время противостояний планеты увидеть Титан, блеск которого в это время $8{,}3^m$ и, быть может, Япет ($9{,}5^m$ в периоды его элонгаций).

* * *

Наблюдения остальных планет Солнечной системы возможны только в большие телескопы. Пользуясь данными АК и подробной картой, можно попытаться отыскать Уран и Нептун и проследить за их перемещением среди звезд. Уран перемещается в год на 4–5°, Нептун — всего на 2°.

§ 5.5. Наблюдения комет

Этот раздел можно было бы озаглавить «Открытие и наблюдение комет», ибо терпеливый наблюдатель даже со скромными оптическими средствами может открыть комету. Каждый год открывается около десятка комет, причем некоторые обнаруживают астрономы-любители; иные даже прославились как «ловцы» комет. Так, например, японский любитель К. Икейа за четыре года открыл четыре кометы, в том числе ставшую известной комету Икейа—Секи. Надо хорошо знать звездное небо и иметь звездный атлас, соответствующий проницающей силе употребляемого инструмента и содержащий звездные скопления и туманности, которые наблюдатель мог бы принять за комету.

Для поисков комет выгодно пользоваться короткофокусными светосильными инструментами (так называемыми *кометоискателями*), а также мощными биноклями с увеличением 8–10 раз. Систематически просматривая каждую ясную ночь все небо, стараясь не пропустить ни одного участка, можно обнаружить туманное пятнышко в таком месте, в котором на карте не показана ни туманность, ни звездное скопление. Это пятнышко может оказаться еще далекой от Солнца кометой. Окончательную уверенность можно получить из повторных наблюдений. Уже через несколько часов можно заметить некоторое смещение кометы относительно окружающих звезд. Так как комета становится ярче, приближаясь к Солнцу, то для поисков комет особенно важно обследовать те части ночного неба, которые ближе расположены к Солнцу. Поэтому при наблюдениях в первой половине ночи особое внимание надо обратить на западную часть неба, в середине ночи — на северную, а под утро — на восточную. Для поисков комет лучше выбирать темные безлунные ночи, хотя узкий серп Луны не очень мешает таким наблюдениям.

При наблюдениях с телескопом выгодно брать малое увеличение: при этом туманности и кометы лучше выделяются на фоне неба. При большом увеличении поверхностная яркость кометы меньше и ее труднее заметить. Из этих же соображений выгодно брать положительный, а не отрицательный окуляр, так как в последнем поле зрения всегда несколько светлее.

При фотографировании звездного неба надо стараться как можно скорее проявить снимок и тщательно сравнить его с соответствующим местом подробной карты или с ранее полученным снимком этой области неба. При этом можно заметить слабую комету, еще недоступную визуальным наблюдениям с небольшими телескопами.

Обнаружив комету, надо тщательно определить ее положение, отметить точный момент наблюдения и, если это возможно, оценить в результате повторных наблюдений направление и скорость ее движения среди звезд. Эти данные надо возможно скорее передать по телефону в ближайшее астрономическое учреждение или по телеграфному адресу «Москва, МГУ ГАИШ» в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга. В телеграмме надо указать момент времени, к которому относится приводимое положение кометы. Так как вследствие прецессии экваториальные координаты звезд непрерывно меняются, то необходимо указать эпоху координатной сетки того атласа или карты, которыми пользовался наблюдатель. Телеграмма будет иметь примерно такой вид: «Срочная Москва МГУ ГАИШ 13 февраля 22 часа 30 минут московского времени открыл комету четвертой величины Персее вблизи Дельты координаты три часа сорок две минуты склонение 48 градусов эпохи 2000 года Николай Костров».

Дополнительное указание созвездия и названия близкой яркой звезды является некоторым контролем к координатам. Если при передаче вкрадется ошибка в цифры, комету сумеют отыскать по этому описанию. Если комета обладает хвостом, надо указать его длину (в градусах) и общий вид (прямой, искривленный, двойной и т. д.).

Обсерватория, получив такое сообщение, посылает сообщение в Центральное Бюро астрономических телеграмм МАС (Кембридж, США), которое извещает обсерватории всех стран, входящих в МАС. Впоследствии комета получит имя человека, первым открывшего ее. Отправив телеграмму с известием об открытии, надо немедленно послать почтой более подробное сообщение об открытии, приложив к нему звездную карту окрестностей и все данные об инструменте, а также краткие сведения о себе и свой адрес.

До 1995 г. порядок обозначения комет был такой. В начале комета обозначалась годом открытия и малой буквой латинского алфавита (в порядке открытия). Окончательное обозначение кометы состояло из года, номера (римской цифры) в порядке моментов прохождения перигелия и фамилии открывшего (или двух–трех фамилий лиц, независимо открывших комету). Так, например, комета 1957f = 1957 IX называлась кометой Латышева—Вильда—Бэрнхема.

С января 1995 г. действует новое правило обозначения комет, и оно же распространяется назад, на все кометы прошлого с хорошо известными орбитами. Теперь после номера года ставят латинскую букву (от A до Y), указывающую, в какой половине какого месяца произошло открытие: A — с 1 по 15 января, B — с 16 по 31 января, C — с 1 по 15 февраля, и т. д. Не используется буква I, чтобы не путать ее с цифрой 1 и буквой J. После буквы ставят цифру — порядковый номер открытия в данной половине месяца. Перед датой открытия одной буквой указывают «статус» объекта: P (periodic) — комета с орбитальным периодом менее 200 лет; C (comet) — долгопериодическая комета, с периодом более 200 лет; D (disappear) — исчезнувшая комета; X — комета, для которой не удалось достаточно точно вычислить орбиту. У периодических комет вместо даты открытия впереди стоит порядковый номер вычисления точной орбиты (это напоминает систему обозначения астероидов).

Приведем примеры. Комета Галлея теперь имеет постоянное обозначение: 1P/Halley. Комета Энке обозначена 2P/Encke. Теперь фамилии астрономов можно не писать, хотя по традиции это еще делают и даже ставят их иногда впереди, напри-

мер, Tempel-Tuttle (55P). Старое обозначение кометы Шумейкеров—Леви-9 (упавшей на Юпитер) было 1993e, а новое D/1993 F2.

Открыв или разыскав на небе (по указанным в печати координатам) комету, можно вести систематические наблюдения двух родов: измерения положений кометы и астрофизические наблюдения. Орбиту кометы вычисляют, если имеются не менее трех наблюдений ее положения на небе. Чем больше наблюдений, тем увереннее можно вычислить орбиту. Поэтому каждое измерение положения кометы имеет ценность.

Чтобы наблюдение положения кометы имело максимальную точность, надо тщательно определить расстояние кометы по обеим координатам до нескольких ближайших звезд, положения которых можно найти в каталогах или атласах. Вообще же точные положения (до десятых долей секунды времени по α и до одной секунды по δ) выводятся лишь из измерений фотографий кометы на особых измерительных машинах.

Астрофизические наблюдения над кометой включают определения ее суммарного блеска и изучение формы кометы — измерение диаметра ее головы, длины и ширины хвоста, яркости ядра, оболочки, облачных образований в хвосте и т. д. Зная направление и форму хвоста, можно определить его тип по классификации Бредихина—Орлова. Тип хвоста определяет собой его физическое строение и химический состав. Суммарный блеск кометы важен для изучения ее физической природы. Постепенное уменьшение абсолютного блеска короткопериодической кометы от одного ее возвращения к Солнцу до другого, достигавшее у некоторых их них $4-5^m$, является показателем процесса постепенного разрушения комет со временем. Его изучение важно для кометной космогонии.

Если бы комета была твердым непрозрачным телом, отражающим свет Солнца подобно планетам, то ее суммарный блеск менялся бы обратно пропорционально квадратам расстояний кометы от Солнца r и от Земли d. Непосредственные измерения суммарного блеска комет показывают, что он меняется пропорционально $1/r^n d^2$, где $6 > n > 2$ и различно для разных комет и для разных расстояний кометы от Солнца. Для ряда комет получилось в среднем приблизительно 4, так что при изменении расстояния от Солнца вдвое суммарный блеск кометы изменялся в 15–20 раз не только за счет изменения взаимных расстояний кометы, Солнца и наблюдателя, но и из-за увеличения количества газа в коме по мере уменьшения ее расстояния от Солнца. Характеристикой суммарного блеска кометы является звездная величина кометы H_0 при $r = 1$ а. е. и $d = 1$ а. е., которая называется ее *абсолютной звездной величиной*: $H_0 = m - 5 \lg d - 2{,}5n \lg r$ (см. табл. 31).

Оценки суммарного блеска кометы можно производить методами наблюдений переменных звезд. Однако так как комета представляется туманным пятнышком, приходится выводить звезды из фокуса (лучше всего выдвигая окуляр) до тех пор, пока внефокальные изображения звезд не станут похожими на изображение кометы. Это выведение из фокуса будет сказываться меньше на изображении кометы, чем на изображениях звезд. Если же речь идет о большой яркой комете с хорошо развитым хвостом, то здесь всякие определения, измерения и описания будут иметь большую ценность. Систематические зарисовки (если это возможно, белым карандашом на черной бумаге) формы хвоста, описание видимого строения головы, определение величины и яркости ядра, положения и движений облачных образований в хвосте, если они обнаружатся, наблюдения прохождений звезд за хвостом кометы и измерения изменений (иногда даже резких, типа вспышек) их блеска в это время — вот неполный перечень разделов возможной программы наблюдений ярких комет. К сожалению, такие кометы появляются редко. Вообще же ежегодно

открывают по нескольку слабых, так называемых *телескопических* комет. Следить за кометой удается обычно в течение одного-двух месяцев. После этого она слабеет, либо скрывается в лучах Солнца.

5.5.1. Фотографирование комет

С инструментом, снабженным часовым механизмом, можно попытаться получить фотографию кометы. С длиннофокусным рефрактором иногда достаточно выдержки в 5–10 минут, чтобы получить ясное изображение ядра кометы (рис. 239). Желательно получить серию снимков с различными выдержками (или на одной пластинке получить ряд изображений, сдвигая немного трубу или кассету и меняя выдержку). Для фотографирования хвоста кометы предпочтительнее короткофокусная светосильная камера. Большая светосила дает возможность при не очень продолжительной выдержке получить на фотографии хвост кометы далеко от головы. Такая фотография может дать представление о строении кометы. Сравнение ряда снимков, полученных с небольшими перерывами, позволит определить скорости истечения вещества из головы кометы и движения облачных образований в хвосте. Для фотографирования рефрактор должен быть снабжен не только часовым механизмом, но и хорошими микрометренными ключами, так как для того, чтобы изображение кометы на фотографии не смазалось вследствие ее движения среди звезд, гидировать (вести трубу) надо не по звездам, а по ядру самой кометы. Установив его в центре поля зрения и пустив часовой механизм, надо микрометренными ключами непрерывно в течение всей экспозиции передвигать трубу вслед за кометой. Тогда все звезды получатся

Рис. 239. Фотография кометы Мркоса, наблюдавшейся в августе 1957 г. (получена любителем астрономии мисс Фуджита, США)

на пластинке в виде черточек, а комета выйдет со всеми деталями. Фотопластинки должны быть наивысшей чувствительности, а выдержку приходится соразмерять со светосилой фотографической камеры и освещенностью неба. Во время безлунной темной ночи выдержка может длиться более часа. Проявлять пластинки надо контрастным проявителем.

Ряд ценных дополнительных советов можно найти в ПЧАК, 7-е издание, 1981 г., с. 365–377, в инструкции, составленной крупнейшим специалистом по изучению комет С. К. Всехсвятским, а также в книге К. И. Чурюмова «Кометы и их наблюдение» (М.: Наука, 1980, 160 с., «Библиотека любителя астрономии»).

§ 5.6. Наблюдения метеоров

Этот раздел был написан Б. Ю. Левиным, а к 5-му изданию вновь пересмотрен и дополнен А. Н. Симоненко и Р. Л. Хотинком.

Непрерывное изучение метеоров очень важно для исследования состояния верхних слоев атмосферы и околоземного космического пространства. В дополнение к профессиональным наблюдениям инструментальными, в том числе и радиолокационными средствами, любительские наблюдения могут оказаться очень полезными.

5.6.1. Общие указания к наблюдениям

Явление метеора отличается от многих других своей неожиданностью и кратковременностью, что заставляет очень тщательно готовиться к наблюдениям и во время самих наблюдений быть постоянно начеку.

Прежде всего надо научиться определять звездную величину метеора, сравнивая его со звездами. Рекомендуется отмечать звездную величину наиболее яркой части метеора (если у метеора были вспышки, это должно быть отмечено). Угловая длина метеора в градусах определяется из сравнения с расстояниями между звездами, которые можно найти по карте. Угловую скорость метеора принято оценивать в условной 5-бальной шкале: 5 — очень быстрый, 3 — средний, 1 — медленный; очень редко наблюдаются точечные, стационарные, т. е. неподвижные метеоры, находящиеся очень близко к своему радианту, т. е. летящие прямо на наблюдателя, им приписывается балл 0. Полезно уметь определять цвет метеора, очерченность и другие свойства.

Перед началом систематических метеорных наблюдений необходимо потренироваться в нанесении путей метеоров на звездную карту. Годятся любые звездные карты достаточно крупного масштаба (например, карты «Атласа звездного неба» А. А. Михайлова (Л.: Наука, 1974)). Применяя карты, начерченные в гномонической проекции, или перенося пути метеоров с карты на специальные сетки, радианты можно найти как точки, в которых пересекаются продолженные назад пути метеоров. В АГО изданы для наблюдений метеоров четыре карты неба в гномонической проекции.

Наблюдатель должен уметь определять принадлежность метеора к тому или иному потоку. Легче всего научиться этому во время действия активных потоков (табл. 33), определяя их радианты. Площадь радиации составляет обычно 1–2 кв. град. В течение времени действия потока координаты радианта могут постепенно изменяться. Так, например, Персеиды за полмесяца своей активности изменили его координаты от 2^h, $+56°$ до $3{,}5^h$, $+28°$, а Лириды от 17^h50^m, $+32{,}8°$ до 18^h18^m, $+34{,}5°$.

Метеоры одного потока сходны между собой по цвету, очерченности, наличию следов, вспышек и т. д. Сходство характеристик позволяет относить метеоры к тому

или иному потоку, что важно в тех случаях, когда одновременно действует несколько близко расположенных радиантов. Опытные наблюдатели могут достаточно уверенно определять принадлежность метеора к потоку без нанесения на карту, если его радиант находится в поле зрения.

5.6.2. Организация наблюдений

Место для наблюдений должно быть выбрано так, чтобы намеченная для наблюдений область неба была хорошо видна, а сам наблюдатель защищен от постороннего света.

Наблюдатель должен удобно расположиться; если избранная область неба находится высоко над горизонтом, надо наблюдать лежа. Ни в коем случае нельзя наблюдать сидя, запрокидывая голову назад, — это нарушает кровообращение и вызывает уменьшение остроты зрения.

Наблюдатель должен иметь под рукой слабый источник света, журнал наблюдений, часы, звездную карту. Источник света должен освещать только часы, бумагу или карту. Очень удобен карманный электрический фонарик. Для ослабления света лампочка должна быть обернута красной материей.

Полезно иметь под руками бинокль на случай, если какой-либо метеор оставит длительный след.

При счете метеоров можно вести запись в темноте, не отрывая глаз от неба. Для этого накладывают на бумагу картон с горизонтальными прорезями, в которых и производят запись, либо ведут запись на верхнем краю листа бумаги и после каждой записи загибают исписанную полоску.

Поправка часов должна быть известна с точностью до одной минуты (случаи, когда требуется большая точность, отмечены особо). Для точной регистрации промежутков времени в несколько секунд (например, регистрация длительности следа метеора) желательно иметь часы с секундной стрелкой или секундомер.

Любитель, систематически наблюдающий метеоры, должен иметь две тетради для записей: в одной из них ведется запись непосредственно во время наблюдений, а в другую все записи переносятся начисто по окончании наблюдений или на следующий день.

В журнал наблюдений записывается (как заголовок): 1) место наблюдений, 2) фамилии наблюдателей, 3) дата наблюдений, 4) цель наблюдений, 5) поправка часов до и после наблюдений, 6) время начала и конца наблюдений, 7) состояние неба (наличие облачности или дымки, Луны, положение Луны по отношению к наблюдаемой области, ее фаза, звездная величина звезд, находящихся на пределе видимости), 8) состояние наблюдателя (бодрое, усталое, сонливое и т. д.), 9) размеры поля зрения и координаты его центра, при телескопических наблюдениях — применяемое увеличение.

Во время наблюдений записи делаются мягким простым карандашом. Они являются основным документом и должны тщательно сохраняться. Вносить при переписывании в чистовой журнал какие-либо изменения нельзя. Форма записи зависит от цели наблюдений.

Для того чтобы внимательность наблюдателя не снижалась (это особенно важно при счете метеоров) во время наблюдений, необходимо регулярно делать перерывы для отдыха. Зимой перерывы приходится делать чаще, чем летом; во вторую половину ночи — чаще, чем с вечера. Для удобства обработки наблюдений желательно, чтобы интервалы между перерывами составляли круглое число минут. Перерывы необходимо отмечать в журнале наблюдений. Нерегулярные перерывы на 1–2 минуты крайне нежелательны.

5.6.3. Основные задачи наблюдений

Визуальные наблюдения метеоров в течение последних десятилетий часто проводились по универсальной программе, охватывающей различные стороны явления. Многие вопросы метеорной астрономии, которые могли быть решены на основе таких универсальных наблюдений, уже изучены, и поэтому будущие наблюдения метеоров желательно проводить, заранее имея в виду изучение того или иного конкретного вопроса. Это даст возможность организовать их наивыгоднейшим образом и получить ценные результаты.

Можно указать ряд важных с научной точки зрения вопросов метеорной астрономии, которые могут быть исследованы на основе несложных любительских наблюдений.

5.6.4. Изучение метеорных потоков

Когда Земля, двигаясь по своей орбите, погружается в поток метеорных частиц и затем выходит из него, численность метеоров сначала нарастает, достигает максимума и затем спадает. В зависимости от ширины потока и условий его пересечения Землей он может наблюдаться от 10 часов (Квадрантиды) до месяца (Персеиды). На эти изменения численности метеоров, связанные с различием в пространственной плотности метеорных тел в разных местах сечения роя, накладываются изменения численности, связанные с изменением зенитного расстояния радианта в пункте наблюдения. Систематический счет метеоров в течение всего времени активности потока позволит отделить одну причину от другой и найти распределение пространственной плотности метеорных тел вдоль той дуги, по которой Земля пересекла рой.

Период обращения вокруг Солнца метеорных тел, образующих рой, составляет обычно несколько лет или несколько десятков лет. Поэтому в разные годы Земля встречает различные части роя. Если метеорные тела распределены вдоль орбиты неравномерно, то в разные годы численность метеоров одного и того же метеорного потока будет различной. Поэтому изучение распределения метеорных тел вдоль орбиты требует повторных наблюдений.

Важной характеристикой роя метеорных тел является распределение этих тел по массе. Оно различно для разных роев и даже для разных мест одного и того же роя. Все метеоры какого-либо потока имеют одинаковую скорость и потому различия в их блеске обусловлены различием в массах (размерах) метеорных тел. Зная распределение метеоров по звездным величинам (функцию светимости), можно найти распределение метеорных тел по массе.

На интервале в несколько звездных величин функция светимости обычно оказывается близкой к геометрической прогрессии, т. е. если $N(m)$ и $N(m+1)$ — число метеоров m-й и $(m+1)$-й звездных величин, то

$$\frac{N(m+1)}{N(m)} = \kappa, \tag{102}$$

где κ — постоянная, заключенная для большинства потоков между 2 и 4 (в среднем около 2,5). Формула (102) является приближенной, и если определить функцию светимости для большого интервала звездных величин, то κ оказывается различной для разных частей этого интервала.

Функции светимости вида (102) соответствует следующий закон распределения метеорных тел по массе M:

$$f(\mathrm{M})\Delta\mathrm{M} = C\frac{\Delta\mathrm{M}}{\mathrm{M}^s}, \tag{103}$$

где $f(M)\Delta M$ — число метеорных тел с массами от M до $M + \Delta M$,

$$s = 1 + 2{,}5x \lg \kappa. \tag{104}$$

Постоянная x определяет зависимость силы света метеора I, характеризуемой визуальной оценкой его звездной величины, от массы метеорного тела: $I = C_1 M^z$. Часто считают, что $x = 1$, хотя, по-видимому, $x \approx 0{,}8$. Для большинства метеорных роев s заключено в пределах от 1,6 до 2,2.

Из-за разных размеров орбит и разных условий встречи с Землей метеорные тела разных роев значительно различаются по скорости вступления в атмосферу, а от этой скорости сильно зависит блеск создаваемых ими метеоров. Поэтому у потока быстрых тел (рой, движущийся навстречу Земле) метеоры, например, 5^m, создаются метеорными телами, в десятки раз меньшей массы, чем у потока медленных тел (рой, догоняющий Землю).

Численность метеорных тел быстро возрастает при переходе от крупных к мелким [см. формулу (103)]. Поэтому мы преувеличиваем плотность встречных и недооцениваем плотность догоняющих потоков. Для того чтобы при обработке наблюдений иметь возможность правильно провести пересчет и найти сравнимые друг с другом данные о численности метеоров разных потоков, надо знать κ для этих потоков.

Для главных активных потоков положение радианта и его смещение за время действия потока известно в настоящее время с большой точностью (зачастую на основании фотографических наблюдений). Поэтому определение радиантов таких потоков как Квадрантиды, Лириды, Персеиды, Ориониды, Тауриды, Леониды, Геминиды и ряд других может иметь лишь учебный характер.

Каждую ясную ночь видны метеоры слабых потоков (с малым количеством метеоров). Слабые потоки изучены недостаточно и потому их нужно регулярно наблюдать, нанося метеоры на звездные карты и определяя их радианты. В частности, плохо изучены слабые радианты, действующие в окрестностях радианта каждого активного потока одновременно с этим потоком. Однако только квалифицированные наблюдатели, умеющие весьма точно наносить метеоры на карты, могут рассчитывать на то, что им удастся выделить метеоры слабых радиантов среди множества метеоров активного потока.

Известны случаи, когда слабые или совсем не известные потоки неожиданно давали в течение нескольких часов значительную численность метеоров. Это значит, что мы имели дело либо с потоком, у которого метеорные тела очень неравномерно распределены вдоль орбиты, и произошла встреча с главной, плотной частью роя, либо с потоком, орбита которого так изменилась под действием планетных возмущений, что произошло улучшение условий встречи Земли с роем. Наблюдения неожиданных активных потоков представляют особенно большой интерес. Планетные возмущения могут также отклонить рой от орбиты Земли, т. е. могут вызвать исчезновение потока.

5.6.5. Изучение спорадических метеоров

Метеоры, не принадлежащие потокам, называют спорадическими, случайными. Они порождаются метеорными телами, в одиночку движущимися в межпланетном пространстве. Условно к спорадическим метеорам наблюдатели относят и метеоры слабых, невыявленных или просто не известных им потоков.

Радианты спорадических метеоров можно определять из базисных наблюдений. Они разбросаны по всему небу, но больше всего их в окрестностях апекса. Как уже говорилось, блеск метеора сильно зависит от его скорости, и для того, чтобы создать метеоры одинакового блеска, медленные частицы, догоняющие Землю со стороны антиапекса, должны иметь массу большую, чем быстрые встречные частицы. Так как число метеорных тел быстро растет с уменьшением их массы, это приводит к тому, что подавляющее большинство регистрируемых спорадических метеоров движется со стороны апекса. Эффект концентрации радиантов спорадических метеоров к апексу усиливается тем, что наблюдения ведутся с движущейся Земли, и сложение скоростей метеора и Земли приводит к смещению видимого радианта к апексу. Если же учесть оба описанных эффекта и рассматривать не метеоры одинакового блеска, а метеорные тела в одном и том же интервале масс, то окажется, что большинство их летит не навстречу Земле, а догоняет ее.

Часовое число спорадических метеоров растет по мере того, как апекс поднимается над горизонтом. Вечером видны редкие, медленные и длинные метеоры, к утру их сменяют частые, быстрые и короткие.

Зимой спорадических метеоров меньше, чем летом. Отчасти это объясняется меньшей высотой апекса в зимние месяцы, а отчасти — неравномерным распределением метеорных тел вдоль земной орбиты.

Проводя счет спорадических метеоров, можно изучать общие свойства метеорного вещества в Солнечной системе: направление движения, пространственную плотность. Большую ценность представляют ряды наблюдений, выполненные одними и теми же наблюдателями. Наблюдать надо в течение всего темного времени несколько последовательных ночей или в одни и те же часы на протяжении нескольких месяцев.

Пространственная плотность метеорных тел в межпланетном пространстве определяется как раз телами, которые порождают спорадические метеоры. Ежегодно они приносят на Землю около 10 тыс. т вещества, которое распыляется в атмосфере и медленно оседает на поверхность.

5.6.6. Определение высот метеоров

Много лет назад определение высот метеоров представляло интерес для оценок плотности воздуха на высотах 80–125 км. В настоящее время эти высокие слои атмосферы успешно изучаются с помощью геофизических ракет.

Поэтому любители астрономии должны теперь сочетать определение высот метеоров с наблюдениями длительных следов (см. следующий пункт), с тем, чтобы знать, к какой высоте относятся данные о ветре, находимые по смещению следа.

5.6.7. Наблюдения метеорных следов

Яркие метеоры, в особенности принадлежащие к быстрым потокам (например, Персеиды, Леониды), зачастую оставляют на своем пути кратковременные следы. Изучение следов важно для уточнения физической теории метеоров и для исследования влияния метеоров на электрические свойства атмосферы (ионосферы). Исключительный интерес представляют длительные следы, видимые в течение нескольких секунд, а иногда и нескольких минут. За это время они, увлекаемые атмосферными течениями, успевают сместиться среди звезд (рис. 240). По направлению и скорости этого смещения можно найти направление и скорость ветров в высоких слоях атмосферы. Ценность таких наблюдений значительно повышается, если одновременно определяется высота метеора (см. п. 5.6.13).

Рис. 240. Фотографии яркого метеорного следа, полученные с перерывами в несколько минут Д. Дебабовым 19 октября 1941 г. на Чукотке

5.6.8. Счет метеоров активных потоков

Число метеоров, замечаемых наблюдателем, зависит не только от истинной их численности, определение которой и является целью наблюдений, но также от высоты радианта, от размеров и высоты над горизонтом наблюдаемого участка неба, от прозрачности атмосферы и яркости фона неба. Наконец, оно зависит от остроты зрения и от внимательности наблюдателя, которые могут быть приближенно оценены путем наблюдений по методу двойного счета (п. 5.6.10). Для учета изменений прозрачности атмосферы, влияния лунного света и других подобных факторов записывается предельная видимость звезд в наблюдаемой области неба.

Необходимость учета размеров и высоты над горизонтом наблюдаемого участка неба часто упускалась из виду при проведении счета метеоров. Если наблюдать какое-либо определенное созвездие, то в течение ночи его высота над горизонтом будет меняться. Точно учесть влияние этого изменения высоты на численность метеоров невозможно. Поэтому счет метеоров следует вести на участке неба, занимающем неизменное положение по отношению к горизонту. Наблюдаемый участок неба следует ограничить с помощью специальной круговой рамки (рис. 241). Можно воспользоваться обычным гимнастическим кольцом («хула-хуп»), установив его на шестах так, чтобы ограниченное им поле зрения имело диаметр около 60°. При крайне редко случающихся «метеорных дождях», когда число метеоров может достигать нескольких сотен в минуту, считать метеоры на таком большом участке трудно и следует применять меньшие участки. Наблюдатель располагается горизонтально (на раскладушке, надувном матрасе или в спальном мешке) так, чтобы в центре кольца была интересующая его область неба.

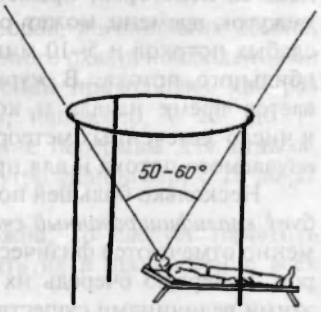


Рис. 241. Рамка, ограничивающая поле зрения наблюдателя метеоров

Размеры и положение поля зрения должны регистрироваться в журнале наблюдений. Рамку, ограничивающую поле зрения, следует располагать горизонтально. В противном случае даже небольшие горизонтальные перемещения головы

наблюдателя приведут к значительному изменению просматриваемого объема атмосферы, в котором вспыхивают метеоры.

Участок следует выбирать по возможности выше над горизонтом (нижняя граница его не должна быть ниже 30° над горизонтом).

Регистрируемое число метеоров уменьшается по мере увеличения зенитного расстояния радианта z. Это связано с тем, что поток метеорных тел при косом падении распределяется по большей площади атмосферы, и в ограниченную рамкой область их попадает меньше. Кроме того, чем более наклонно движутся метеорные тела, тем слабее оказываются порождаемые ими метеоры. Это приводит к тому, что с увеличением z все бо́льшая часть метеоров оказывается недоступной наблюдениям из-за уменьшения их блеска. Приближенно учесть действие обеих причин можно, деля наблюденное число метеоров на $\cos z$, что даст численность при радианте, как бы находящемся в зените. На самом же деле зависимость численности от высоты радианта сложнее и плохо изучена. Для ее изучения необходимо проводить наблюдения при различных положениях радианта, например, начиная их вскоре после восхода радианта или продолжая их почти до его захода.

Наряду с метеорами изучаемого потока в наблюдаемом участке неба будут появляться отдельные метеоры других слабых потоков. Для надежного опознавания метеоров потока надо наблюдаемый участок неба выбрать поближе к радианту изучаемого потока.

Перед наблюдениями следует по координатам радианта (табл. 33) найти его положение на звездной карте и запомнить это положение среди звезд. В дальнейшем при записях в журнале наблюдений метеоры, принадлежащие потоку, должны отмечаться специальным значком.

Наименее подготовленные наблюдатели могут вести простой счет, состоящий в регистрации общего числа метеоров, замеченных в наблюдаемом участке неба за некоторый промежуток времени. Этот промежуток времени может равняться одному часу для слабых потоков и 5–10 минутам во время максимума обильного потока. В журнале наблюдений записывается время начала и конца каждого промежутка и число замеченных метеоров (отдельно для метеоров изучаемого потока и для прочих).

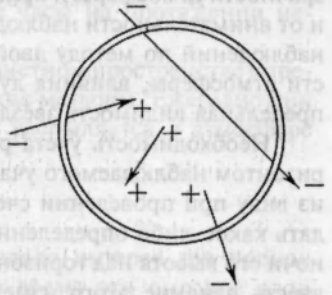


Рис. 242. Схема обозначения метеоров, наблюдавшихся в поле зрения

Несколько большей подготовки наблюдателя требует *квалифицированный счет*, при котором одновременно отмечаются физические характеристики метеоров, в первую очередь их блеск, угловая скорость и угловая длина пути. Между этими величинами существует зависимость, отображающая зависимость между массой и скоростью метеорного тела и длиной его видимого пути, т. е. длиной того участка его траектории в атмосфере, на котором происходит свечение.

Появление и исчезновение метеора может произойти в пределах наблюдаемого участка неба или вне его (рис. 242). Это удобно отмечать следующими знаками:

метеор появился и исчез в пределах наблюдаемого участка	— ++;
метеор появился в пределах участка и вылетел за его границу	— +−;
метеор появился вне участка, но исчез в пределах участка	— −+;
метеор появился и исчез вне участка и только пересек его	— −−.

При коллективных наблюдениях метеорных потоков счет метеоров невооруженным глазом чрезвычайно интересно дополнить счетом слабых, телескопических

метеоров — *телеметеоров*. Для этого в бинокль или в телескоп (при минимальном увеличении) наблюдается радиант или очень близкая к нему область. Вдали от радианта угловая длина и угловая скорость метеоров велики. При наблюдениях в бинокль или телескоп метеоры будут быстро пересекать поле зрения, и наблюдатель вообще не заметит метеор или не успеет запомнить его положение. Поэтому приходится отказаться от требования постоянства высоты над горизонтом наблюдаемого участка неба и наблюдать около самого радианта, так как вблизи него угловая длина и угловая скорость метеоров малы. При обработке наблюдений необходимо знать поле зрения бинокля или телескопа.

Наблюдения в бинокль или телескоп позволяют найти очень точное положение радианта, и потому обычно при этом проводится не только квалифицированный счет, но и нанесение метеоров на карту. Для этого необходимо иметь атлас с картами крупного масштаба.

Численность телеметеоров гораздо больше, чем метеоров, доступных невооруженному глазу. Если распространить частоту телеметеоров, наблюдаемых в поле зрения бинокля или телескопа, на всю видимую полусферу неба, их общее число окажется близким к 20 тыс. метеоров в час. Высота возгорания телеметеоров ниже, чем у обычных метеоров (иногда всего 20–30 км). О телеметеорах см.: *Бахарев А. А.* Инструкция к наблюдениям зодиакального света и противосияния (Бюл. ВАГО, 1964, № 10).

5.6.9. Счет метеоров слабых потоков и спорадических метеоров

Для наблюдения следует выбрать участок, не меняющий своего положения по отношению к горизонту и странам света. Лучше всего выбрать его вблизи небесного меридиана, т. е. в северной или южной части небосвода. Наблюдаемый участок ограничивается так, как это было описано выше.

Вечерние часы благоприятны для наблюдений метеоров, догоняющих Землю, а утренние часы — для встречных метеоров. Для равномерного охвата наблюдениями тех и других метеоров важно, чтобы середина наблюдений приходилась как раз на полночь по местному времени. Можно наблюдать, например, с 23^h до 1^h по местному времени или еще дольше, делая небольшие перерывы для отдыха, но можно наблюдать 1–2 часа с вечера и 1–2 часа под утро (например, с 20 до 22 и затем с 2^h до 4^h по местному времени).

Если подобная организация наблюдений невозможна, то следует наметить какие-либо определенные часы ночи и строго соблюдать их в продолжение всех наблюдений.

Представляют научную ценность длинные серии однотипных наблюдений. Особенно ценны наблюдения, проводимые в течение года или даже нескольких лет. При наличии нескольких наблюдателей интересны одновременные наблюдения северного и южного участков неба.

Когда нет активных потоков, число метеоров мало́, и поэтому не представляет труда вести не простой, а квалифицированный счет и, кроме того, регистрировать направление полета. Регистрация этих величин позволит опытным наблюдателям в некоторых случаях выявить наличие радианта в пределах наблюдаемого участка неба или вблизи него без нанесения метеоров на карту.

Направление полета отмечается условно в «часах». В точку появления метеора мысленно помещается центр часового циферблата и записывается, к какому

делению циферблата было направлено движение метеора. В таком случае 6^h означает направление вертикально вниз, 3^h — вправо, 9^h — влево и т. д.

Предельная видимость звезд регистрируется, как указано выше.

Если при счете спорадических метеоров наблюдатель замечает высокую активность какого-либо радианта, необходимо внимательно проверить это. Следует повернуться так, чтобы этот радиант оказался в пределах наблюдаемого участка неба. Надо в журнале наблюдений помечать специальным знаком метеоры из этого радианта, записав также его предполагаемое положение среди звезд. Желательно нанесение метеоров на звездную карту с целью определения координат радианта (см. ниже).

5.6.10. Двойной счет метеоров

Даже в пределах ограниченного участка неба наблюдатель, замечая все яркие метеоры, регистрирует лишь малую долю слабых метеоров. Для того чтобы узнать, какая доля метеоров той или иной звездной величины замечается наблюдателем, необходимо провести наблюдения по методу *двойного счета*.

Два наблюдателя, расположившись под одинаковыми рамками, одновременно наблюдают один и тот же участок неба и совершенно независимо друг от друга регистрируют замечаемые ими метеоры, отмечая звездные величины метеоров, моменты их пролета (с точностью до 1 секунды) и приблизительно положение в поле зрения. Важно установить, какие метеоры были замечены обоими наблюдателями.

Пусть $N(m)$ — истинное число метеоров m-й звездной величины в наблюдаемом участке неба, $N_1(m)$ и $N_2(m)$ — числа метеоров этой звездной величины, замеченных первым и вторым наблюдателями, $N_{12}(m)$ число метеоров, замеченных одновременно обоими наблюдателями, и, наконец, $\eta_1(m)$ и $\eta_2(m)$ — *коэффициенты замечаемости* обоих наблюдателей для метеоров m-й звездной величины. Тогда

$$N_1(m) = \eta_1(m)N(m); \quad N_2(m) = \eta_2(m)N(m);$$
$$N_{12}(m) = \eta_1(m)N_2(m) = \eta_2(m)N_1(m).$$

Следовательно,

$$N(m) = \frac{N_1(m)N_2(m)}{N_{12}(m)}, \tag{105}$$

$$\eta_1(m) = \frac{N_{12}(m)}{N_2(m)}, \quad \eta_2(m) = \frac{N_{12}(m)}{N_1(m)}. \tag{106}$$

Формула (105) позволяет найти истинное число метеоров при наблюдении по методу двойного счета, а формулы (106) дают коэффициент замечаемости отдельных наблюдателей, которые могут быть использованы в тех случаях, когда эти наблюдатели будут наблюдать поодиночке. Применение этих формул становится более надежным с увеличением $N_{12}(m)$. Оно должно быть не менее 10. У квалифицированных наблюдателей значения $\eta(m)$, определенные по разным сериям наблюдений, близки.

Главной целью наблюдений по методу двойного счета является изучение численности и функции светимости метеоров. Если значения $N(m)$, вычисленные по формуле (105), нанести на график, на котором по горизонтальной оси отложено m, а по вертикальной $\lg N(m)$, то при функции светимости вида (103) точки располагаются вдоль прямой. Постоянная κ определяется по наклону этой прямой к горизонтальной оси ($\operatorname{tg}\varphi = \lg\kappa$).

Проведение по методу двойного счета всех наблюдений, связанных со счетом метеоров, дает ценные научные результаты. Этот метод, конечно, может быть

распространен на случай трех и более наблюдателей. Увеличение числа независимых наблюдателей повышает точность результатов.

5.6.11. Многократный счет метеоров

Рис. 243 дает представление об организации *многократного счета метеоров*, т. е. счета метеоров несколькими наблюдателями. Над каждым наблюдателем устанавливается

Рис. 243. Организация наблюдений многократного счета метеоров

круговая рамка, ограничивающая поле поперечником $\sim 60°$ с центром в зените. Электрическим фонариком сигнализируют секретарю о моменте пролета метеора в поле зрения данного наблюдателя (см. статью Б. И. Сазонова в «ЗиВ» № 6 за 1976 г.). Характеристики метеоров (см. ниже) сообщаются словами.

Истинное число метеоров $N(m)$ данной звездной величины m при счете группой из k наблюдателей вычисляется следующим методом. Пусть $n_1, n_2, \ldots, n_k$ — числа метеоров данной звездной величины, замеченных каждым из наблюдателей. $Z = n_1 + n_2 + \ldots + n_k$ — суммарное число всех регистраций. Число Z больше числа S — физически различных метеоров, появившихся на небе, поскольку один и тот же метеор может быть отмечен несколькими наблюдателями.

Пусть p — *средний коэффициент замечаемости* одного наблюдателя; $\eta = 1 - (1-p)^k$ — *групповой коэффициент замечаемости*. Они показывают, какую часть метеоров замечает в среднем один наблюдатель (p) и вся группа (η). По определению имеем

$$N(m) = \frac{S}{\eta} = \frac{Z}{kp}. \qquad (\alpha)$$

Из нее легко получить *формулу Квиза*:

$$\frac{S}{Z} = \frac{\eta}{kp} = \frac{1-(1-p)^k}{kp}. \qquad (\beta)$$

Определив из наблюдений значения S и Z, подбором по формуле (β) находим значения p и η. Можно заранее для определенных k составить таблицы зависимости значений S/Z от p (или η) с шагом по p, например, 0,05 или даже 0,01. Определив из таблицы по значению S/Z величину p (или η), затем по формуле (α) находим $N(m)$.

При изучении определенного потока последовательность действий следующая: сначала вычисляются p и η по всем наблюдавшимся метеорам m-й звездной величины; затем эти значения применяются к метеорам потока; наконец, учитывается зенитное расстояние радианта (умножением на $\sec z_R$).

5.6.12. Изучение радиантов слабых потоков

Для проверки существования тех или иных радиантов, уточнения их координат и выявления вновь появившихся радиантов необходимо наносить пути метеоров на звездную карту. Если метеоры наблюдаются в окрестностях радианта, со всех сторон от него, то его координаты определяются точнее всего (рис. 244). Если же наблюдаемый участок неба расположен далеко от радианта, то эти линии пересекаются под острыми углами, и небольшая ошибка в регистрации пути метеора сильно смещает точку пересечения и ведет к большой ошибке в определении координат радианта. Поэтому при изучении заранее известного радианта следует наблюдать его непосредственные окрестности, а при выявлении новых радиантов удается надежно определить координаты только тех из них, которые лежат в пределах наблюдаемой области или вблизи нее. Если наблюдения ведутся нерегулярно, то главной целью следует ставить проверку существования и изучение известных радиантов. Можно взять какой-либо каталог радиантов (например, приведенный в Постоянной части

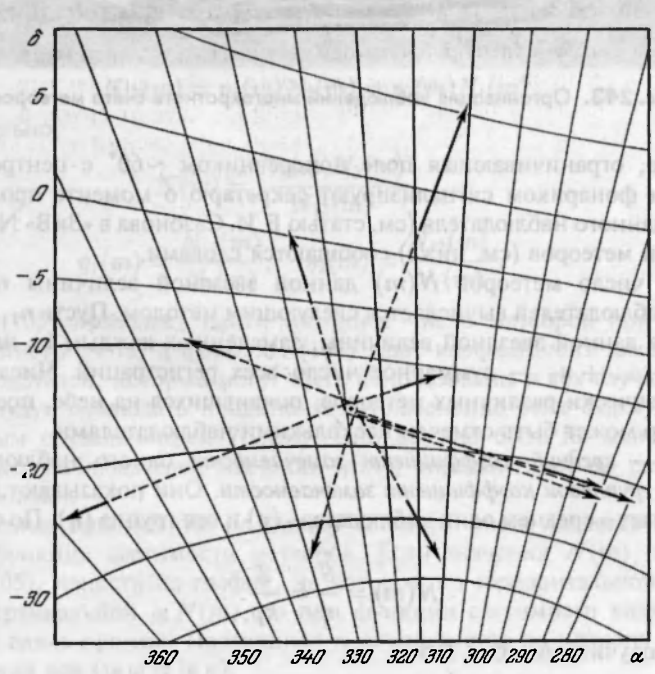


Рис. 244. Пример определения радиантов на сетке Лоренцони. Радиант δ-Каприкорнид ($\alpha = 324°$, $\delta = -16°$) 6 августа 1961 г. по наблюдениям в Ашхабаде

Астрономического календаря) и для каждой ночи наблюдения выбирать ту область неба, в которой в данную ночь имеется радиант (или радианты) и которая в часы наблюдений удобно расположена.

Интересные результаты могут быть получены, если систематически (в течение ряда лет) следить за радиантами, которые давали в отдельные годы значительное число метеоров (список таких радиантов см. ПЧАК. 7-е изд. 1981. С. 580), либо следить за так называемыми *кометными радиантами*, т. е. радиантами, вычисленными по элементам орбит комет, проходящих вблизи земной орбиты.

Ценность наблюдений возрастает, если проводить их непрерывными сериями много ночей подряд (несколько позволяют погода и Луна), наблюдая одну и ту же область неба. Тогда можно будет не только установить наличие радиантов, но и определить срок действия каждого из них и найти ход численности метеоров в течение этого срока.

После пролета метеора наблюдатель должен запомнить путь метеора среди звезд — направление полета и положение точек появления и исчезновения — и записать его (например: метеор появился около γ And, летел в направлении, параллельном линии, соединяющей α и β Tri, исчез около линии, соединяющей α And и β Ari). Заметив момент времени по часам, наблюдатель наносит путь метеора на карту, помечает стрелкой направление его движения и около точки исчезновения указывает его порядковый номер, а затем в журнал наблюдений записывает порядковый номер метеора, звездную величину, угловую длину, угловую скорость, цвет, очерченность и какие-либо особенности (например, наличие вспышек, следа и т. п.). Момент пролета при этих наблюдениях можно отмечать с точностью до нескольких минут.

5.6.13. Наблюдения с целью определения высот метеоров

Для определения высоты метеора необходимо из двух пунктов зарегистрировать его видимый путь среди звезд (*базисные наблюдения*). При визуальных наблюдениях наблюдатели располагаются на расстоянии 30–50 км друг от друга, а при телескопических на расстоянии 0,5–2 км. Обработка таких наблюдений дает, кроме высоты метеора, приближенное положение его индивидуального радианта, что позволяет более уверенно установить его принадлежность к тому или иному потоку.

Пункты наблюдения желательно выбирать таким образом, чтобы прямая, их соединяющая (базис), была направлена по возможности перпендикулярно к направлению на радиант. Для того чтобы оба наблюдателя могли замечать одни и те же метеоры, они должны наблюдать одну и ту же область атмосферы на высоте около 80 км. В этом случае расстояния до метеора будут минимальными и ошибки в нанесении метеоров на карты скажутся

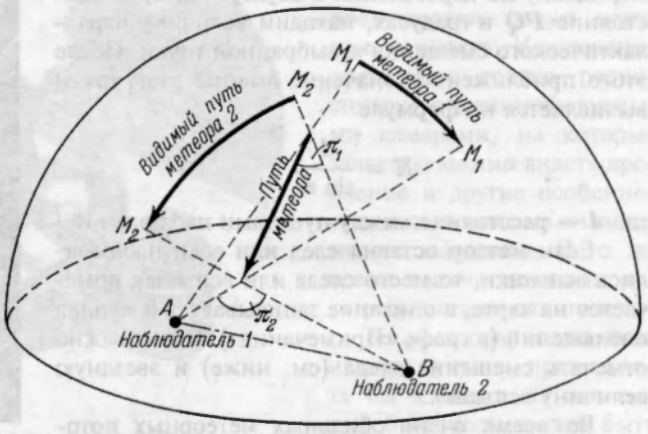


Рис. 245. Одновременные наблюдения метеоров из двух пунктов

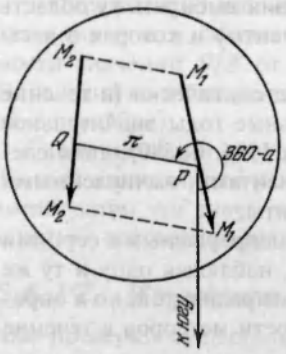


Рис. 246. К базисным наблюдениям метеоров

меньше. При визуальных наблюдениях выгоднее всего наблюдать ту область, которая расположена над серединой базиса. Наблюдатели на концах базиса должны располагаться лицом друг к другу и фиксировать свое внимание на участке неба, центр которого отстоит от зенита на 10–30° (рис. 245).

При телескопических наблюдениях нужно наклонить оси биноклей или телескопов так, чтобы они пересекались на высоте 80 км над серединой базиса. Время начала и конца наблюдений, а также перерывы должны быть заранее согласованы.

Для того чтобы увеличить число метеоров, замеченных с обоих концов базиса, надо, чтобы внимание наблюдателей было сосредоточено на нужных участках неба и не отвлекалось в стороны. Это может быть достигнуто с помощью таких же «метеорных рамок», какие рекомендовались выше при описании счета метеоров.

Если наблюдения проводились в зенитной области, то приближенное определение высоты метеора не представляет труда. Пусть M_1M_1 и M_2M_2 — положения метеора среди звезд, видимые из пунктов A и B соответственно. Как можно понять из рис. 246, «параллактическое» смещение какой-либо точки метеора, т. е. кажущееся смещение, происходит в плоскости, проходящей через эту точку и пункты наблюдений. Каждой точке P на M_1M_1 соответствует на M_2M_2 вполне определенная точка Q. Если a — азимут пункта B относительно A, то положение Q найдем, проведя через P прямую под углом $360^\circ - a$ к небесному меридиану до пересечения с M_2M_2. Измерив расстояние PQ в градусах, находим величину параллактического смещения π выбранной точки. После этого приближенное значение высоты этой точки вычисляется по формуле

$$H = \frac{d}{\sin \pi},$$

где d — расстояние между пунктами наблюдений.

Если метеор оставил след или если наблюдались вспышки, то место следа или вспышек помечается на карте, а описание записывается в журнал наблюдений (в графе «Примечания»). Очень важно отмечать смещение следа (см. ниже) и звездную величину вспышек.

Во время очень обильных метеорных потоков желательно проводить наблюдения с помощником (секретарем). Помощник по знаку наблюдателя (возглас «есть!») отмечает по часам время

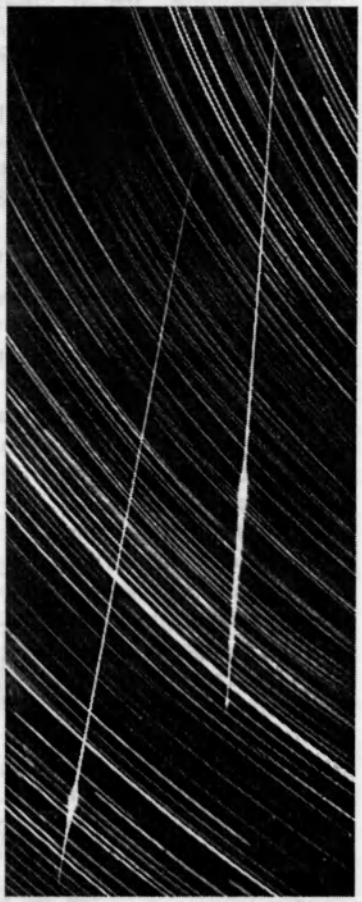


Рис. 247. Фотографирование с неподвижной камерой. Снимок двух метеоров

и под диктовку записывает в журнал остальные данные. Сам наблюдатель наносит путь метеора на карту.

5.6.14. Фотографирование метеоров

С помощью любой светосильной камеры удается фотографировать яркие метеоры. Камера устанавливается неподвижно в направлении нужного участка неба. Снимок делается с выдержкой в 1–3 часа (при Луне приходится делать меньшие выдержки) (рис. 247). Если камера укреплена на параллактической установке и может следить за движением звездного неба, то звезды получаются точками (рис. 248). В обоих случаях надо записать момент пролета яркого метеора.

Так как яркие метеоры появляются редко, то один снимок метеора удается получить в среднем за 100 часов экспозиции. Во время активных потоков, например Персеид, один снимок получается в среднем за 20 часов выдержки, а во время метеорных дождей Драконид в 1933 г. и 1946 г. и Леонид 1966 г. число метеоров было так велико, что на одной пластинке получилось 10–40 метеоров. Обычно фотографирование метеоров ведут несколькими камерами, охватывающими все небо, смонтированными для удобства в так называемый *метеорный патруль* (рис. 249).

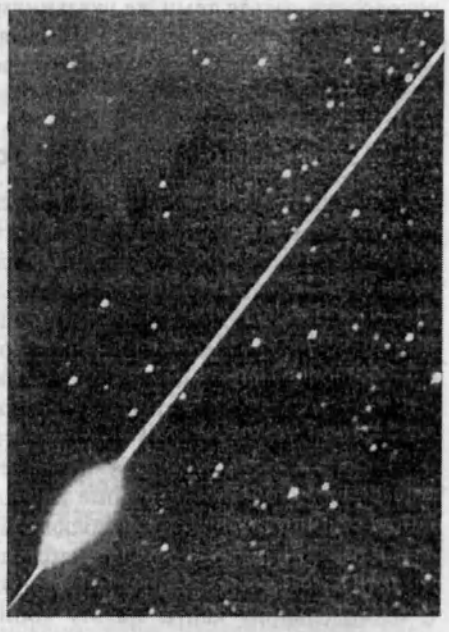


Рис. 248. Фотография яркого метеора 28 ноября 1930 г., полученного В. А. Начапкиным (Душанбе). Объектив — Триотар Цейса

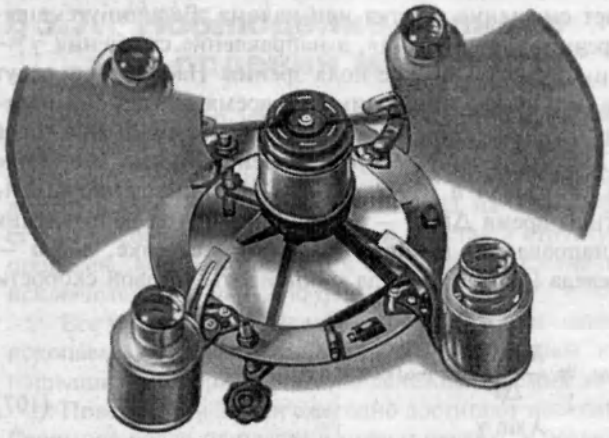


Рис. 249. Малый портативный экспедиционный метеорный патруль конструкции В. В. Мартыненко (Симферополь). Снят во время вращения обтюратора (фотография В. Л. Боммара)

Случайные разрозненные фотографии метеоров представляют малую научную ценность. Исключение составляют только редкие снимки с длиннофокусными камерами, на которых зачастую можно видеть дробление и другие особенности, незаметные на снимках малого масштаба. В то же время весьма ценными являются снимки одного и того же метеора, сделанные из двух пунктов, причем хотя бы в одном из них перед объективом должен быть установлен *обтюратор* (затвор), вращающийся с известной скоростью (рис. 249).

Такие парные снимки позволяют найти высоту, скорость, торможение и некоторые другие характеристики метеора, а также ценные данные о тех слоях атмосферы, в которых он наблюдался. *Базисное фотографирование* метеоров следует проводить во время действия активных потоков. При выборе базиса и участка неба следует руководствоваться теми же указаниями, которые были даны при описании визуальных базисных наблюдений. В Постоянной части АК можно найти дополнительные советы как по организации фотографических наблюдений, так и по визуальным наблюдениям метеоров.

5.6.15. Наблюдения следов метеоров

Регистрацию следов метеоров желательно включать в программу квалифицированного счета. Особенно важно это делать при наблюдениях активных потоков.

Для кратковременных следов, видимых в течение долей секунды, надо оценивать их продолжительность и отмечать положение видимого пути метеора. У длительных следов надо регистрировать их смещения относительно звезд и изменения формы и ширины. Надо сделать несколько последовательных зарисовок формы и положений следа среди звезд, отмечая с точностью до секунды момент каждой зарисовки. Важно точно знать промежутки времени между последовательными зарисовками. Поэтому секунды записываются и в том случае, когда поправка часов точно не известна. Наблюдению таких следов помогает бинокль: в него след виден дольше, чем невооруженным глазом, кроме того, легче регистрировать его ширину.

При зарисовке следа, наблюдаемого в бинокль, рисуется на глаз карта нужного участка неба, а по окончании наблюдений этот участок неба находится в подробном звездном атласе, копируется на кальку, и затем положения следа перерисовываются с «самодельной» карты на эту копию. К зарисовке прилагается описание следа, а также самого метеора (его звездная величина, продолжительность и пр.).

Смещение ярких следов можно наблюдать с помощью небольшого телескопа при наименьшем увеличении. Телескоп должен быть установлен на прочном штативе. Заметив яркий след, наблюдатель быстро наводит на него телескоп, устанавливает в центре поля зрения какой-либо сгусток в следе или излом и закрепляет телескоп на штативе. Затем он наблюдает смещение сгустка или излома. Величину смещения λ выражают в долях поперечника поля зрения, а направление смещения γ — в «часах», мысленно помещая циферблат в центре поля зрения. Наблюдения ведут до полного исчезновения следа, а в случае необходимости время от времени передвигают телескоп. Зная поле зрения телескопа, можно определить смещение следа в градусах или минутах дуги. Для вычисления скорости дрейфа нужно знать еще зенитное расстояние следа z и его азимут a. Пусть λ — угловое смещение какой-либо точки следа в минутах дуги за время Δt, γ — позиционный угол направления смещения, отсчитываемый от направления к зениту по часовой стрелке, z и a — зенитное расстояние и азимут следа (рис. 250). Тогда компоненты угловой скорости выражаются формулами

$$\begin{cases} \omega_z = \dfrac{\lambda \cos\gamma}{\Delta t} = -\omega \cos\gamma, \\ \omega_a = \dfrac{\lambda \sin\gamma}{\Delta t} = \omega \sin\gamma. \end{cases} \qquad (107)$$

Следы смещаются преимущественно в горизонтальном направлении. Поэтому, пренебрегая вертикальной компонентой, находим горизонтальные компоненты

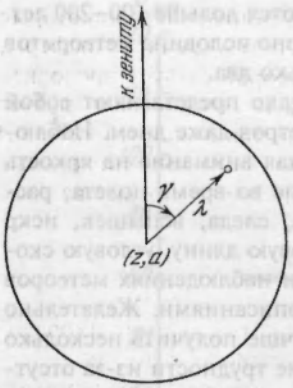


Рис. 250. К наблюдениям метеорных следов

линейной скорости смещения:

$$v_x = H \sec z \frac{\omega_z}{3438}, \quad v_y = -H \sec z \frac{\omega_a}{3438}. \qquad (108)$$

Здесь v_x — горизонтальная скорость в направлении азимута (она положительна при удалении от наблюдателя), v_y — горизонтальная скорость в перпендикулярном направлении (т. е. в направлении азимута $= a - 90°$), $1/3438 = \text{arc } 1'$, а H — высота следа. Когда H выражено в км, формулы (112) дают скорость в км/с; H можно определить из базисных наблюдений, а если они не проводились, то грубо принимают $H \sim 70$ км (средняя высота наиболее яркой части длительных следов).

Большую ценность в настоящее время представляют фотографии следов, особенно базисные. Получить их нетрудно. Любая светосильная камера (типа ФЭД) крепится к телескопу так, чтобы их оптические оси совпадали. Наведя телескоп на след, тем самым наводят и камеру. Затем начинают фотографирование. Рекомендуются выдержки по 10–15 секунд с такими же перерывами между ними. После каждой экспозиции пленку перематывают, чтобы изображения следа не наложились друг на друга. Удобны камеры с автоматической перемоткой пленки. При быстром движении следа можно все экспозиции сделать на один кадр, периодически прикрывая объектив каким-либо непрозрачным экраном при открытом затворе. Необходимо следить за тем, чтобы при открывании и закрывании затвора или объектива и при перемотке пленки камера не смещалась. Моменты начала и конца экспозиций должны быть известны до 1^s.

Из-за малой яркости следов необходима максимальная чувствительность пленки. Наиболее простой способ повышения чувствительности состоит в предварительной засветке, которую можно осуществить, фотографируя белую стену, очень слабо освещенную рассеянным светом.

§ 5.7. Наблюдение болидов и падений метеоритов*

Метеориты — это упавшие на Землю образцы внеземного вещества, сформировавшегося 4,5 млрд лет назад и сохранившегося почти неизменным. Они на полмиллиарда лет старше самых древних пород, найденных на Луне, и на 1–2 млрд лет старше древнейших горных пород на Земле. Это самое старое вещество, доступное лабораторному изучению. Состав и структура метеоритов характеризуют те процессы, которые привели к образованию Солнечной системы, что определяет их исключительную научную ценность.

Все метеориты, найденные на территории нашей страны, наравне с полезными ископаемыми, являются народным достоянием и охраняются законом. Лицам, нашедшим метеорит, выдается денежная премия за содействие науке.

Поверхности Земли ежегодно достигают несколько сотен или тысяч метеоритов. Огромное число их падает в моря и океаны, в безлюдные пустыни, полярные и горные области. Выпавшие метеориты постепенно разрушаются под действием воды,

* Этот раздел был написан А. Н. Симоненко (1935–1984).

ветра и солнечного излучения, и многие из них не сохраняются дольше 100–200 лет. В руки ученых попадает всего 2–5 метеоритов в год. Примерно половина метеоритов наблюдалась при падении, но сфотографировано было только два.

Болиды, порождаемые падающими метеоритами, нередко представляют собой грандиозные явления. Они бывают видны за сотни километров даже днем. Наблюдатель должен подробно описать световые явления, обращая внимание на яркость болида, его цвет, форму, угловые размеры, и их изменение во время полета, расположение относительно звезд, наличие у болида хвоста, следа, вспышек, искр и дробления. Нужно указать время полета болида, его угловую длину, угловую скорость, т. е. те же характеристики, которые отмечаются при наблюдениях метеоров по программе «максимум», сопровождая их подробными описаниями. Желательно сделать несколько зарисовок болида и его следа, а еще лучше получить несколько фотографий. Оценки яркости болида представляют большие трудности из-за отсутствия на небе объектов для сравнения. Можно пытаться оценивать ее по сравнению с полной Луной, или с Луной в первой четверти, или с уличными фонарями и т. п. Следует обращать внимание на освещенность местности, создаваемую болидом.

Полет яркого болида зачастую сопровождается разнообразными звуковыми эффектами; то треском, то свистом (иногда столь высокой частоты, что их слышат только дети и некоторые животные), то мяуканьем с металлическим тембром. Болиды, сопровождающиеся звуковыми эффектами, получили название *электрофонных болидов*. Природа этих звуков еще не разгадана, поэтому все подробности полета электрофонного болида могут иметь большое значение для науки. Об описании наблюдений внезапных, непредсказуемых, а также непонятных (пока!) явлений см. § 5.9. Важно обращать внимание на глухой удар — «клевок», который свидетельствует о том, что космическое тело достигло поверхности Земли.

Определить *атмосферную* (пространственную) *траекторию* болида и предполагаемое место падения метеорита можно, собрав и подвергнув математической обработке сведения о *видимой траектории* болида, наблюдавшейся в пунктах удаленных друг от друга иногда на десятки километров. Особенность задачи состоит в том, что наблюдения болидов и падения метеоритов нельзя планировать (как наблюдения метеоров, метеорных потоков) из-за чрезвычайной редкости этих явлений. Падения метеоритов обычно наблюдают случайные неопытные очевидцы. Не всегда легко их выявить и опросить. Поэтому насчитывается всего несколько десятков метеоритов, для которых удалось уверенно определить атмосферную траекторию по визуальным наблюдениям болидов, и только для трех метеоритов траектории определены на основании базисных фотографий с применением обтюраторов. Выявление и опрос очевидцев тоже является задачей любителей астрономии.

Проще всего зарегистрировать видимую траекторию болида, если наблюдения проводятся в ясную ночь опытным наблюдателем. При наблюдениях в сумерки и днем (а неопытными наблюдателями и ночью) приходится определять видимую траекторию болида по отношению к горизонту, зданиям и другим ориентирам. При этом крайне желательно попытаться определить азимуты и угловые высоты начала и конца болида, а также каких-либо особых точек (например, точки, в которой произошло дробление) (рис. 251). Если под руками не оказалось компаса, то надо постараться запомнить положение болида на небе, а затем снова прийти на место наблюдений и произвести замеры. Полезно сделать зарисовки видимого положения болида по отношению к земным ориентирам, указав где и на каком расстоянии от них находился наблюдатель. Опрос очевидцев желательно также проводить на месте наблюдений. Иначе в положение видимой траектории могут быть внесены большие

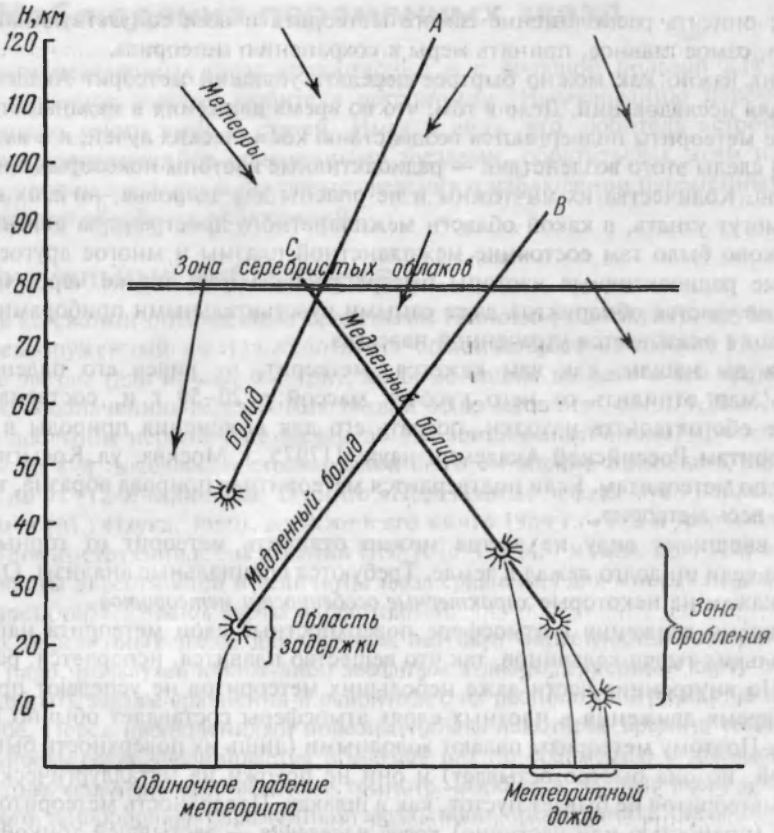


Рис. 251. Болиды и метеориты. *A* — быстрый болид, полностью сгорающий в атмосфере, *B* — медленный болид, порождающий одинокий метеорит, *C* — болид, претерпевающий дробление и порождающий метеорный дождь

ошибки. Конечно, все такие наблюдения малоточны. Однако чаще всего — это единственный путь получить сведения о движении метеорита, и пренебрегать ими нельзя.

Ориентация атмосферной траектории болида в пространстве дает направление на радиант (рис. 244). Радиант болида можно определить на гномонической сетке как точку пересечения продолженных назад путей болида, наблюденных из разных пунктов (рис. 245).

Не всякий болид заканчивается выпадением метеорита. Лишь крупные и механически прочные тела, проникающие в атмосферу со сравнительно небольшой скоростью (не более ~22 км/с), достигают поверхности Земли. Все прочие разрушаются в атмосфере, дробятся, распыляются и испаряются, превращаясь в тонкую пыль. В то же время известно, что ни одно тело не может приблизиться к Земле и войти в атмосферу со скоростью меньше 11,2 км/с. Таким образом, доатмосферная скорость метеоритов заключена в очень узком интервале. Это позволяет, используя атмосферные траектории, определять орбиты метеоритов.

Если посчастливилось увидеть, как упал метеорит, нужно зарисовать (или еще лучше — сфотографировать) метеорит в том виде, как он упал (или углубление, созданное им), описать характер почвы, изменения, произведенные метеоритом при

падении, описать расположение самого метеорита и всех сопутствующих обстоятельств и, самое главное, принять меры к сохранению метеорита.

Очень важно как можно быртрее передать упавший метеорит Академии наук России для исследований. Дело в том, что во время движения в межпланетном пространстве метеориты подвергаются воздействию космических лучей, и в их веществе остаются следы этого воздействия — радиоактивные изотопы некоторых химических элементов. Количества их ничтожны и не опасны для здоровья, но с их помощью ученые могут узнать, в какой области межпланетного пространства двигался метеорит, каково было там состояние межпланетной плазмы и многое другое. Однако некоторые радиоактивные изотопы быстро распадаются, и уже через несколько дней их не удается обнаружить даже самыми чувствительными приборами. Ценная информация оказывается утраченной навсегда.

Если вы нашли, как вам кажется, метеорит, не видев его падения, надо отколоть или отпилить от него кусочек массой в 20–50 г и, составив краткое описание обстоятельств находки, послать его для выяснения природы в Комитет по метеоритам Российской Академии наук: 117975, г. Москва, ул. Косыгина, д. 19, Комитет по метеоритам. Если подтвердится метеоритная природа образца, то следует передать весь метеорит.

По внешнему виду не всегда можно отличить метеорит от горных пород, особенно если он долго лежал в земле. Требуются специальные анализы. Однако мы все же укажем на некоторые *характерные особенности метеоритов*.

Во время движения в атмосфере поверхностные слои метеорита нагреваются до нескольких тысяч кельвинов, так что вещество плавится, испаряется, разбрызгивается. Но внутренние части даже небольших метеоритов не успевают прогреться, так как время движения в плотных слоях атмосферы составляет обычно немногие секунды. Поэтому метеориты падают холодными (лишь их поверхность бывает слегка теплой, но она быстро остывает) и они не похожи на металлургический шлак. Внутри метеоритов не бывает пустот, как в шлаках. Поверхность метеоритов обычно покрыта (полностью или частично) *корой плавления* — застывшей тонкой пленкой вещества, которое было расплавлено во время движения в атмосфере. Следы атмосферного воздействия остаются на метеорите в виде характерных вмятин (похожих на следы давления пальцев на мягкую глину) — *регмаглиптов*. Иногда встречаются поверхности раскола без регмаглиптов и без коры плавления. Некоторые метеориты имеют конусообразную форму. В изломе они обычно серого цвета и напоминают куски земных пород.

По составу метеориты бывают *железные*, *железо-каменные и каменные*. Вообще говоря, каменные метеориты падают чаще, чем железные или железо-каменные, но найти их на земле труднее (они быстрее подвергаются разрушению). Железные метеориты — это монолитные куски железо-никелевого сплава балочной структуры. Обычно они имеют неправильную обломочную форму — след дробления при столкновении в межпланетном пространстве или в атмосфере Земли. В этом случае надо продолжить поиски вокруг места находки, иногда на площади в сотни квадратных метров. Площадь, на которую выпал *метеоритный дождь*, обычно напоминает эллипс, вытянутый в направлении полета (это *эллипс рассеяния*). Каменные метеориты бывают иногда серые, иногда темные. У них нет ярко выраженной крупнокристаллической структуры (как у гранита), нет слоистости (как у глин и сланцев). В них нет карбонатных пород, таких как известняк и мел. Не бывает в них и кварца, широко распространенного на Земле. Железо-каменные метеориты представляют собой железную губку, в порах которой находится каменистое вещество. На Земле такие формы пород не встречаются.

§ 5.8. Наблюдения переменных звезд

В наблюдении переменных звезд традиционно и с большой пользой для науки принимают активное участие любители астрономии. Исследованию переменных звезд посвящено много книг и статей. Имея в виду, что любитель астрономии, серьезно заинтересовавшийся переменными звездами, обратиться к этим изданиям (гл. 6), приводим здесь лишь основные сведения о наблюдении переменных звезд и первоначальной обработке наблюдений.

5.8.1. Визуальные наблюдения

Сообразуясь со своими оптическими средствами (бинокль, монокуляр, труба, телескоп или невооруженный глаз), наблюдатель может выбрать из таблиц 53 и 54 те переменные звезды (для начала две-три), которые видны на небе в это время года (сведения об обозначениях переменных звезд и об их каталогах см. п. 1.10.16). Простому глазу доступны переменные звезды до 4-й звездной величины, призменному биноклю — до 8-й, в телескоп с отверстием 8–10 см можно наблюдать переменные звезды до 11–12-й величины. В книге «Переменные звезды и их наблюдение» В. П. Цесевича (М.: Наука, 1980), а также в его книге 1984 г. «Что и как наблюдать на небе» и в его инструкции в 7-м издании ПЧАК (с. 432–437 и табл. 31а–31и) имеются списки, карты окрестностей и величины звезд сравнения для многих переменных звезд. Для звезд табл. 55 даны карты окрестностей.

Для тех переменных звезд, для которых нет карт окрестностей или нет звезд сравнения, надо, пользуясь каким-либо звездным атласом, срисовать карту окрестностей, подобрать звезды сравнения и освоиться с их расположением как на картах, так и на небе. Перед наблюдениями полезно побыть некоторое время в темноте — чувствительность глаза увеличивается в 200 000 раз по сравнению с дневной чувствительностью через час пребывания в темноте. Вообще в течение всего времени, посвященного наблюдению переменных звезд, надо предохранять глаза от ярких источников света. Слабое красное освещение ускоряет процесс адаптации к темноте. Фонарь, при свете которого записывают оценки, должен быть очень слабым и давать узкий пучок лучей, освещающий нужное место журнала наблюдений. При наблюдениях надо располагаться как можно удобнее, так как иначе быстро наступающая мышечная усталость скажется на точности оценок. При последовательных оценках одной и той же переменной надо стараться забыть предыдущую оценку и новую делать совершенно независимо от прежних. *Ошибку положения* — зависимость оценки от положения линии, соединяющей две сравнимые звезды относительно горизонтальной линии, можно устранить, применив *реверзионную призму* на окуляре — вращающуюся призму, позволяющую любую пару звезд увидеть на одной горизонтальной линии.

Для приобретения опыта в оценках надо начать с наблюдений хорошо изученных переменных звезд, таких, как, например, δ Cep, η Aql, β Lyr, β Per.

Оценивать блеск переменной звезды надо, сравнивая переменную с двумя звездами неизменного блеска (*звездами сравнения*), из которых одна ярче, а другая слабее переменной. В зависимости от амплитуды переменной приходится пользоваться тремя, четырьмя и большим числом звезд сравнения. Для увеличения точности лучше сравнивать с двумя-тремя парами. Само сравнение блеска звезд можно проводить по-разному, например, оценивая блеск переменной в десятых долях «интервала» блеска между двумя звездами сравнения. Этот *интерполяционный метод Пикеринга* весьма удобен в том случае, когда величины звезд сравнения известны. Однако, имея

в виду случаи, когда величины звезд сравнения должны быть определены самим наблюдателем, предпочтительнее привыкать к *интерполяционностепенному методу Блажко—Нэйланда*. Это сочетание интерполяционного метода Пикеринга со степенным методом, предложенным около 150 лет назад Аргеландером. Способ степеней Аргеландер изложил следующим образом:

«Если две звезды, разница в блеске которых определяется, кажутся всегда одинаково яркими или если то одну, то другую можно оценить как немного более яркую, то такие звезды можно считать одинаково яркими и отметить это в записи тем, что обозначения их ставить рядом. Если сравниваются две звезды, a и b, то это будет ab.

Если на первый взгляд звезды кажутся одинаково яркими, но при внимательном рассматривании и при повторном переносе взгляда то с a на b, то с b на a звезда a кажется всегда или за редким исключением чуть заметно ярче b, то можно считать a на 1 степень более яркой, чем b, и обозначить это $a1b$, а если, напротив, b ярче a, то $b1a$, так что всегда более яркая звезда становится перед числом, а более слабая после него.

Если одна звезда кажется определенно и вне всяких сомнений ярче другой, то такое различие принимается за две степени и обозначается $a2b$, если a ярче b, или $b2a$, если b ярче a.

Бросающееся в глаза с первого же взгляда различие соответствует трем степеням и обозначается $a3b$ или $b3a$.

Наконец, оценка $a4b$ обозначает еще более разительное отличие».

На первый взгляд понятие степени представляется весьма расплывчатым. Однако величина степени у наблюдателя довольно скоро устанавливается (у большинства наблюдателей она около $0{,}1^m$) и устойчиво держится постоянной.

В способе Блажко—Нэйланда для каждой оценки используются также две звезды сравнения: одна ярче, другая слабее переменной. Наблюдатель, вглядываясь попеременно то в одну, то в другую звезду, оценивает число аргеландеровских степеней, которые умещаются между ними, затем переводит взгляд на переменную и таким же образом оценивает число степеней между каждой из звезд сравнения и переменной; производя это несколько раз, получает некоторым образом «согласованную» оценку.

Записывается это так (v обозначает переменную):

$a3v2b$, $a2v5b$ и т. д.

При оценках блеска надо:

1) звезды сравнения выбирать как можно больше подходящие к переменной по их блеску и цвету; последнее для устранения *эффекта Пуркинье*. Этот эффект заключается в том, что источник красного цвета кажется более ярким, чем источник такой же силы, но другого цвета; при удалении от наблюдателя дольше будет виден как более яркий источник красного цвета (именно поэтому всегда сигнальные огни, предупреждающие об опасности, — красного цвета);

2) при наблюдении какой-нибудь звезды привести ее в центр поля зрения; если обе звезды не видны одновременно вблизи центра поля зрения, то переводить трубу или бинокль при каждой оценке блеска;

3) при наблюдении очень слабых звезд можно пользоваться *боковым зрением*, глядя не на саму звезду, а немного в сторону; центральная часть ретины глаза менее чувствительна, чем остальные ее части, и таким образом можно увидеть более слабые звезды; точность таких наблюдений, однако, невысока;

4) момент наблюдения надо заметить по выверенным часам и записать в журнале: при периодах переменных короче $0{,}2^d$ отметить время с точностью до $0{,}0004^d$, т. е. до 0,5 минуты (особое внимание к ходу часов!; регулярные поверки часов

по радиосигналам времени!); при периодах до 2^d–3^d требуемая точность $0{,}001^d$, т. е. около 2 минут, при периодах более 3^d–$0{,}01^d$, т. е. до ~15 минут, для долгопериодических переменных с точностью до $0{,}1^d$ и даже до 1^d;

5) в журнале наблюдений вначале должны быть приведены все сведения об инструменте, дата, поправка часов, затем название наблюдаемой звезды, момент, оценка, примечания.

Ненадежная оценка отмечается двоеточием «:», очень неуверенная оценка сопровождается двойным двоеточием «::». Эти значки должны всюду сопровождать оценку и выведенный из нее блеск переменной. Особенно надежное наблюдение отметить знаком «!». В графе «Примечание» — данные о Луне (ее фаза и близость к переменной), облака, туман и прочие метеорологические явления, заря, освещенность неба фонарями (в городе), состояние наблюдателя (например: очень утомлен, нездоров и т. д.).

В журнале должны находиться карты окрестностей переменных с аккуратно отмеченными звездами сравнения. В журнале записи ведутся в хронологическом порядке. Для дальнейшей обработки наблюдений надо завести для каждой переменной особую тетрадь, в которую следует выписывать из журнала моменты и оценки наблюдений, и заготовить для последующей обработки следующие графы: № п/п, время, юлианский момент (см. ниже), оценка, блеск, фаза, примечание.

Наблюдая физическую переменную со светофильтрами (например, соответствующими фотометрической системе UBV), можно получить кривые блеска в разных лучах и кривую показателя цвета (например, $B-V$), связанную с изменениями температуры поверхности переменной.

5.8.2. Счет времени. Юлианские дни

При исследовании различных периодических астрономических явлений, в том числе изменений блеска переменных звезд, пользуются предложенным в 1583 г. Жозефом Скалигером для целей истории и хронологии особым счетом дней так называемого «юлианского периода», или «юлианских дней». Счет этот ведется от гринвичского полудня 1 января 4713 г. до нашей эры (— 4712 г. по астрономическому счету лет) по юлианскому календарю. Он охватывает собой почти всю историю человечества. Каждый день при этом счете имеет свой порядковый номер. Юлианские сутки начинаются в средний гринвичский полдень. Так, например, юлианская дата 2 452 200,5 соответствует 18,0 октября 2001 г. Моменты наблюдений выражают в юлианских сутках и их долях. По табл. 79 осуществляется перевод часов, минут, секунд в доли суток. Например, 3 часа ночи в Гринвиче 18 октября 2001 г. соответствует юлианской дате 2 452 200,625 (см. табл. 84–86).

Юлианский период в 7980 лет = 28 · 19 · 15 лет представляет собой наименьшее кратное трех циклов: солнечного в 28 лет, приводящего дни недели на те же числа месяца, лунного цикла Метона в 19 лет (235 синодических месяцев), приводящего лунные фазы на прежние числа месяца, и периода в 15 лет, так называемого римского индиктиона, по прошествии которого в римской империи взималась чрезвычайная подать. Год 4713 до н. э. был первым годом одновременно во всех трех циклах. Конец первого юлианского периода придется на 23 января 3268 года по григорианскому календарю. В астрономических календарях даются числа юлианского периода на каждый день. В табл. 84 даны юлианские даты начала (нулевого числа) каждого месяца с 1990 по 2060 гг.

5.8.3. Световое уравнение

При наблюдении короткопериодических переменных приходится учитывать так называемое световое уравнение, поскольку мы наблюдаем с движущейся Земли, т. е. из различных точек земной орбиты. Все моменты «приводятся к Солнцу» прибавлением поправки, вычисляемой по формуле

$$\Delta t = -0{,}0058^{\mathrm{d}} \cos\beta \cos(L_\odot - \lambda), \qquad (109)$$

где λ и β — эклиптические координаты звезды, $L_\odot$ — долгота Солнца. Поправка может достигать $\pm 0{,}0058^{\mathrm{d}} = \pm 8{,}306^{\mathrm{m}}$ (время прохождения светом среднего расстояния от Земли до Солнца). Точнее, с учетом эллиптичности земной орбиты, $\Delta t = -0{,}0058^{\mathrm{d}} \cos\beta \cdot R \cdot \cos(L_\odot - \lambda)$, где R — радиус-вектор Земли, выраженный в долях среднего расстояния Земли от Солнца. Удобная номограмма М. С. Зверева по α и δ звезды сразу дает поправку Δt для любого дня в году (Приложение VIII).

5.8.4. Средняя кривая. Световые элементы

Для переменных, показывающих строгую периодичность, можно свести все наблюдения в одну среднюю кривую, так как кривая блеска во всех деталях повторяется от периода к периоду.

Для этого надо вычислить фазу каждого наблюдения, т. е. промежуток времени от момента ближайшего предшествующего максимума или (в случае затменных звезд) минимума.

Так называемые *световые элементы* переменной дают: момент («юлианскую» дату) некоторого начального максимума, иначе говоря, *начальную эпоху* T_0, и период P. Тогда момент любого другого максимума вычисляется по формуле

$$T_{\max} = T_0 + PE, \qquad (110)$$

где E — целое число (число эпох). Любой момент наблюдения T_i можно представить формулой

$$T_i = T_0 + PE + \Phi^{\mathrm{d}}, \qquad (111)$$

где $T_0 + PE$ дает момент ближайшего предшествующего максимума, Φ^{d} — *фаза*, выраженная в днях и долях дня, причем фаза всегда меньше, чем период P. Величина Φ^{d}/P дает фазу в долях P.

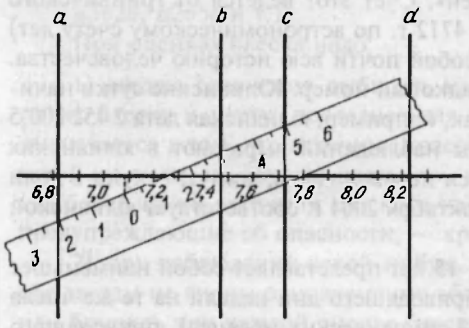


Рис. 252. Перевод оценок блеска переменной в звездные величины

Если величины звезд сравнения известны, то нетрудно из полученных по способу Блажко—Нэйланда оценок путем простой интерполяции вывести значения звездной величины переменной. Однако эту интерполяцию можно упростить следующим приемом. На миллиметровой бумаге наметить шкалу звездных величин и провести ряд параллельных прямых, отмечающих блеск всех звезд сравнения (рис. 252), изготовить небольшую линейку из кальки, на которой в произвольном масштабе отложить деления от 0 до 5–6 в обе стороны. Косо прикладывая линейку к параллельным линиям так, чтобы между двумя определенными линиями поместилось столько делений, сколько степеней содержится между звездами сравнения в данной оценке, определим звездную величину

переменной по положению нуля вспомогательной шкалы. Так, например, при сравнении переменной v со звездами сравнения a ($6{,}82^m$) и b ($7{,}47^m$) получена оценка: $a2v3b$. Располагаем нашу линейку так, чтобы a пришлось на 2, а b на 3 по разные стороны от нуля. Нуль вспомогательной шкалы покажет звездную величину v $7{,}08^m$.

Таким образом, в журнале заполняется столбец «Блеск».

Пользуясь звездными величинами, взятыми из какого-нибудь звездного каталога или из статей других исследователей, надо иметь в виду неизбежное различие инструментов и личных свойств наблюдателей. Это различие в первую очередь скажется на звездах, отличающихся по цвету. В итоге у каждого наблюдателя (в соответствии с его инструментом) вырабатывается своя *фотометрическая система* — своя шкала звездных величин. Так как оценки переменной производятся в системе наблюдателя, то и величины звезд сравнения надо согласовать с этой системой. Это осуществляется следующим образом. В процессе наблюдений надо изредка (один раз на 7–10 наблюдений) производить оценки всех звезд сравнения, определяя различие блеска в степенях между соседними по блеску звездами. Таким путем наберется некоторое количество «цепочек» вида

$a5b3c7d2e$ и т. д.

Средние оценки будут иметь такой вид:

a 5,9 b 2,4 c 6,9 d 1,8 e и т. д.

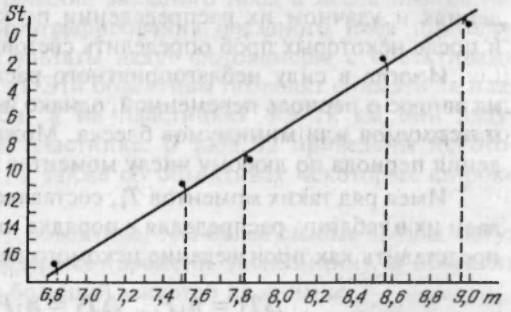


Рис. 253. Выравнивание звездных величин звезд сравнения степенной шкалой

Это даст степенную шкалу звезд сравнения. Если самой слабой звезде (например, звезде e) мы дадим значение 0,0, то следующая звезда, d, получит значение 1,8, c — 8,7, b — 11,1, a — 17,0. Теперь можно сопоставить на графике «чужие» звездные величины (m) и полученные степенные оценки (St) звезд сравнения (рис. 253).

Как видим, точки достаточно хорошо «укладываются» на прямую. Отклонения от прямой отражают случайное различие в фотометрических системах. Однако так как наши степенные оценки мы также не можем считать совершенно точными, то выравнивая по степенной шкале звездные величины звезд сравнения, мы пойдем по пути некоторого компромисса; а именно: из каждой точки мы опустим перпендикуляр на прямую и определим, какой звездной величине соответствует основание этого перпендикуляра. Таким образом мы как бы несколько исправляем и свои степенные оценки, и чужие звездные величины. Все это суммируется в следующей табличке:

Звезды сравнения	Звездные величины	Степень St	Окончательно принятые выравненные звездные величины
a	$6{,}84^m$	17,0	$6{,}85^m$
b	7,48	11,1	7,51
c	7,82	8,7	7,81
d	8,55	1,8	8,57
e	8,96	0,0	8,95

Перевод оценок блеска переменной в звездные величины нужно производить по этим окончательно принятым звездным величинам.

Если величины звезд сравнения никем не определялись, то их надо получить самим, пользуясь каким-нибудь фотометрическим стандартом на небе. Такими стандартами являются, например, Северный Полярный Ряд (см. карты и табл. 48), ряд звездных скоплений (карты и табл. 50) и другие области на небе, для которых многократными специальными исследованиями определены звездные величины всех звезд, вплоть до самых слабых. И в этом случае важно наблюдения вести на одинаковых зенитных расстояниях (или вводить поправку на различие z по табл. 68) и осуществить при помощи своей степенной шкалы исправление звездных величин, полученных привязкой к звездам стандарта.

Если период переменной неизвестен, можно попытаться определить его самому. Для этого на графике по горизонтальной оси надо отложить юлианские даты, а по вертикальной оси — оценки блеска. При достаточно многочисленных наблюдениях и удачном их распределении по кривой блеска можно подметить период и после некоторых проб определить световые элементы переменной.

Иногда в силу неблагоприятного расположения точек график не дает ответа на вопрос о периоде переменной, однако имеется несколько надежных определений максимумов или минимумов блеска. Можно применить следующий метод определения периода по любому числу моментов максимума (или минимума) блеска.

Имея ряд таких моментов T_i, составляем независимые разности ΔT_i [7] и вписываем их в таблицу, распределяя в порядке их величины. Каждую разность ΔT_i можно представить как произведение искомого периода P на некоторое целое число n_i:

$$\Delta T_1 = n_1 P, \quad \Delta T_2 = n_2 P, \quad \ldots, \quad \Delta T_m = n_m P. \qquad (\alpha)$$

Последовательно деля каждое уравнение (α) на следующее за ним, получим

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \ldots, \quad \frac{\Delta T_{m-1}}{\Delta T_m} = \frac{n_{m-1}}{n_m},$$

откуда

$$n_2 = \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} n_1, \quad \ldots, \quad n_m = \frac{\Delta T_m}{\Delta T_{m-1}} n_{m-1}. \qquad (\beta)$$

Дадим величинам n_1 значения $1, 2, \ldots$ до 4–5 и определим из первого уравнения (β) только такие n_2, которые будут целыми числами. С этими значениями n_2 из второго уравнения (β) определим целочисленные значения n_3 и т. д. Выпишем полученные результаты в таблицу вида

n_1	n_2	n_3	n_4	...	n_m
1					
2					
3					
4					
5					

[7] То есть вычисленные так, что нельзя было бы получить какую-нибудь разность ΔT_i простым сложением или вычитанием других разностей.

Очевидно, что лишь в одной строке таблицы всюду будут целые числа. Тогда сразу вычислим среднее значение P по формуле

$$P = \frac{\sum \Delta T_i}{\sum n_i},$$

где i меняется от 1 до m, а $\sum$ есть знак суммирования.

За подробностями, касающимися других способов обработки наблюдений переменных звезд, отсылаем к специальным книгам.

5.8.5. О фотографических наблюдениях переменных звезд

Располагая экваториалом с часовым механизмом, астроном-любитель может организовать систематическое фотографирование звездного неба и исследование переменных звезд по негативам. Для фотографирования звездного неба пригоден любой фотоаппарат, но наилучшие результаты дадут фотокамеры с объективами типа МТО-500, МТО-1000, Гелиос-40 и др. Эти объективы позволят снимать на пластинках 13 × 18 см и даже 18 × 24 см, а на пластинках 9 × 12 см они дадут прекрасные изображения звезд по всей пластинке. В табл. 92 приведены некоторые данные об упомянутых объективах, а также об объективах некоторых широко распространенных фотоаппаратов.

Напомним, что чем больше диаметр объектива, тем более слабые звезды могут быть сфотографированы при той же выдержке (времени экспозиции), а объектив с большим фокусным расстоянием даст больший масштаб на снимке.

Для астрофотографии можно укрепить на трубе фотоаппарат либо изготовить простой четырехугольный ящик нужных размеров для имеющегося объектива. В передней стенке должен быть укреплен объектив (лучше всего в металлической оправе с нарезкой, соответствующей винтовой нарезке оправы объектива), а в задней стенке сделаны пазы для кассеты. Ящик должен быть светонепроницаемым и вычернен изнутри. Его надо жестко скрепить с экваториалом, предварительно сцентрировав фотокамеру (по матовому стеклу) с ведущей, т. е. основной трубой. Естественно, что весь инструмент должен быть заново уравновешен с камерой. Основная труба будет служить во время фотографирования для контроля работы часового механизма (т. е. для *гидирования*).

Приблизительную фокусировку камеры можно произвести по матовому стеклу на глаз. Однако точный фотографический фокус надо найти путем фокусировочных снимков. Для этого надо несколько вывинтить объектив в его оправе и затем произвести ряд снимков какой-нибудь яркой звезды с короткими выдержками по 15–20 секунд при неподвижной трубе, причем в промежутках между снимками нужно ввертывать объектив на четверть или половину оборота винтовой нарезки. Последнюю выдержку надо сделать более продолжительной, чтобы среди черточек — следов звезды — суметь отличить первую от последней. Одна из черточек окажется тоньше других: она и соответствует фотографическому фокусу. Надо определить, при каком положении объектива этот след получен, и повернуть объектив на нужный угол. Полезно получить еще один фокусировочный снимок, на этот раз при работающем часовом механизме, т. е. с трубой, следящей за движением звезд. На снимке звёзды получатся в виде точек, причем в перерывах между выдержками надо менять положение объектива в нарезке (не слишком отходя от найденного положения) и постепенно смешать звезду в поле зрения ведущей трубы. В итоге

на пластинке получится цепочка точек, из которых наименьшая и самая резкая, даст точное положение фокуса.

При изменении температуры может немного измениться положение фокуса. Для инструментов среднего и большого размера специально исследуется зависимость фокусного расстояния от температуры и составляются таблицы поправок, учитывающих изменение температуры.

При точной фокусировке в центре пластинки на ее краях изображения окажутся немного вне фокуса. Чтобы увеличить площадь наилучших изображений, надо добиться точной фокусировки не в самом центре пластинки, а в некоторой кольцевой зоне вокруг него. Средний радиус этого кольца различен для разных объективов; в среднем он составляет около 1/4 ширины пластинки.

При фотографировании избранного участка неба наблюдатель, установив ведущую звезду (не очень слабую) на крест нитей главной трубы, должен в течение всей выдержки (которая может длиться несколько десятков минут) следить за положением звезды, подправляя, если это нужно, микрометренными ключами положение трубы.

Перед объективом фотокамеры должна быть укреплена легкая заслонка-затвор, которую наблюдатель мог бы с помощью тонкого троса и маленького блока отвести в сторону в момент начала выдержки и поставить на место в конце. Не должно быть рывков в моменты открывания и закрывания затвора!

Для фотографирования неба надо брать фотопластинки наивысшей чувствительности, чтобы запечатлеть на снимке как можно более слабые звезды. Как фотографирование, так и проявление надо производить всегда в одних и тех же условиях — на пластинках одного и того же сорта, с одним и тем же проявителем.

Однородность материала и единообразие всех деталей работы дадут возможность наиболее полно использовать полученные фотографии. Для изучения переменных звезд важно систематическое фотографирование одной и той же области неба в течение длительного времени, например, одного-двух лет. Точнее, в течение двух наблюдательных сезонов, которые длятся для разных областей неба от 2–3 до 6–8 месяцев.

В журнале наблюдений необходимо подробно и тщательно записывать не только дату и моменты начала и конца выдержки (с учетом поправки часов), но и все обстоятельства фотографирования (сорт пластинок, ведущую звезду, состояние неба, фазы Луны и т. д.). Перед тем как вынуть пластинку из кассеты надо, немного приоткрыв шторку, простым карандашом написать на слое число, номер пластинки в эту ночь и объект фотографирования, чтобы в дальнейшем, после проявления и сушки, пользуясь записями в журнале, на краю пластинки черной тушью написать очередной номер, число, объект (ведущую звезду), продолжительность выдержки и т. д.

Хранить негативы лучше в отдельных конвертах, в вертикальном положении, предохраняя их от пыли, сырости и нагревания. Для своей «стеклянной библиотеки» надо завести особый каталог, в котором в хронологическом порядке записывать все данные о полученных негативах, либо вести запись по отдельным центрам.

Оценка блеска переменных на фотографиях производится с лупой по методике, весьма сходной с описанной выше для визуальных наблюдений, с тем отличием, что здесь сравнивается действие звезд разного блеска на фотопластинку. При этом учитываются и сравниваются как интенсивность почернения, так и размеры фотографических изображений переменной звезды и звезд сравнения. В остальном все сказанное выше о визуальных наблюдениях переменных звезд остается в силе.

Фотографирование можно производить на пластинках, имеющих различную спектральную чувствительность, например, на обыкновенных (несенсибилизированных) пластинках (максимум чувствительности около 420 нм), дающих

фотографические звездные величины, и на *ортохроматических* (или *панхроматических* с максимумом ~550 нм), которые в сочетании со специально подобранным желтым фильтром дадут *фотовизуальные* звездные величины. Их разность будет мерой цвета звезд и покраснения цвета. Параллельные наблюдения в двух лучах дадут возможность определить не только колебания блеска, но и колебания цвета звезд.

В журналах «Земля и Вселенная» и «Звездочет» можно найти полезные советы как по самому астрофотографированию, так и по использованию имеющейся фотоаппаратуры для этой цели. Ряд ценных советов и дополнительных сведений читатель найдет в статье Н. Н. Самуся «Наблюдения переменных звезд простейшими средствами» в АК на 1989 год.

Результаты исследований переменных звезд (не только специалистов, но и любителей) печатаются в бюллетене «Переменные звезды», который издает Комиссия по изучению переменных звезд Института астрономии РАН (адрес редакции 119899 Москва В-234, Университетский просп., д. 13, ГАИШ, к. 58). Эта Комиссия может указать любителю интересные объекты для исследования (дополнительно к спискам табл. 53 и 54).

§ 5.9. Заключение

В заключение хотелось бы напомнить будущим молодым ученым советы Майкла Фарадея: всякое исследование должно быть доведено до конца, а самые ценные наблюдения и результаты должны быть непременно опубликованы.

К этому можно добавить следующее:

1. Наблюдения любителей могут иметь научное значение только в том случае, если они достаточно однородны (т. е. производятся с одним и тем же инструментом и одинаковым методом) и ведутся систематически.
2. Во многих случаях коллективные (но совершенно независимые друг от друга) наблюдения много ценнее индивидуальных. При обработке коллективных наблюдений выявятся индивидуальные различия и личные ошибки наблюдателей, сгладятся случайные ошибки.
3. Перед началом наблюдений надо внимательно продумать программу работы, соразмеряя поставленную задачу со своими инструментальными возможностями. Предусмотреть, чтобы во время наблюдений все было под руками, чтобы не было спешки и торопливости в движениях. Особое внимание надо уделить технике записи во время ночных наблюдений (освещение!), чтобы не тратить лишнего времени на отвлекающие внимание мелочи.
4. Все записи наблюдений надо вести четко и аккуратно. Надо выработать четкое начертание цифр, чтобы никогда нельзя было спутать, например, тройку с девяткой, семерку с единицей и т. д. Записи надо делать в тетрадях и журналах, а не на отдельных листках.
5. Надо подробно описывать существенные обстоятельства наблюдений и в особенности данные об инструменте.
6. При всевозможных зарисовках, а также при составлении или копировании звездных карт (например, окрестностей переменных звезд), надо стремиться к максимальной точности, не заботиться о «художественной законченности» рисунка, уделяя, однако, внимание хорошему и аккуратному оформлению его.

Было бы очень ценным, если бы любитель астрономии, обладающий навыками в какой-либо области современной техники (электронике, радио, кино, фотографии и т. д.) применил бы их к астрономическим наблюдениям. Интерес могут представить: фотометрия звезд с помощью фотоумножителей, фотографирование серебристых облаков и метеорных следов методом замедленной киносъемки, использование сверхсветосильной фотооптики и фильтров для изучения Млечного Пути и т. д. Дополнительные сведения читатель найдет в книгах, указанных в гл. 6 — «Астрономическая библиография».

Со всеми вопросами, касающимися организации астрономической работы, надлежит обращаться в ближайшие астрономические обсерватории (см. табл. 94).

В мире существует несколько центров для накопления данных о наблюдении переменных звезд и для получения этих данных не только профессионалами, но и любителями астрономии:

— Американская ассоциация наблюдателей переменных звезд (AAVSO)
почтовый адрес: Janet Mattei, 25 Birch St., Cambrige, MA 02138, USA
сайт: http://www.aavso.org
e-mail для отправки наблюдений: observations@aavso.org

— Японская сеть исследователей переменных звезд (VSNET)
сайт: http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/
e-mail для отправки наблюдений: vsnet-obs@kusastro.kyoto-u.ac.jp

— Консультации по наблюдению переменных звезд с ПЗС-матрицей можно получить у научного сотрудника ГАИШ Сергея Юрьевича Шугарова:
shugarov@sai.msu.ru

Уже многие годы в мире существуют не только индивидуально активные любители астрономии, но и астрономические клубы, обладающие своими довольно мощными обсерваториями. Это дает их членам значительно большие возможности, особенно при строительстве или покупке крупного телескопа и аппаратуры к нему, включая современные ПЗС-камеры. С опытом такой работы можно познакомиться на сайте Центра любительской астрофизики (Center for Backyard Astrophysics):
http://cba.phys.columbia.edu.

Чрезвычайно полезные каталоги и базы данных для наблюдений можно найти на сайтах Центра астрономических данных в Страсбурге:
http://cdsweb.u-strasbg.fr/Cats.html
и Центра астрономических данных НАСА:
http://adc.gsfc.nasa.gov/adc/adc_amateurs.html

Замечательные новые возможности уже дает и значительно умножит в ближайшее время идея «виртуального телескопа». Сейчас так называют базу данных Европейской южной обсерватории (проект Astrovirtel), в которой собираются снимки, полученные на нескольких крупных телескопах при наблюдениях самых разных объектов. Важно, что Astrovirtel доступен не только профессионалам, но и всем желающим, хотя для работы с ним требуется квалификация. И это лишь первый шаг к более грандиозному проекту Астрономической виртуальной обсерватории, которая объединит в цифровом виде все изображения неба, полученные за всю историю науки астрономами всех стран.

Глава 6

АСТРОНОМИЧЕСКАЯ БИБЛИОГРАФИЯ

Книги, изданные в основном в последние десятилетия, помогут расширить и углубить полученные знания. Астрономический календарь АГО каждый год публикует обширную библиографию по астрономии и смежным наукам. Много лет ее составляла известный библиограф Наталия Борисовна Лаврова, которой я очень благодарен за просмотр и значительное улучшение библиографии этого издания «Справочника».

Реферативный журнал ВИНИТИ «Астрономия» (сокращенно РЖАстр) дает рефераты всей мировой литературы по астрономии. Параллельно издается РЖ «Исследования космического пространства». Большого внимания заслуживают научно-популярные журналы «Земля и Вселенная» и «Звездочет», в которых публикуются статьи по телескопостроению, организации наблюдательной работы любителей, отчеты о деятельности любительских обсерваторий и кружков. Журнал «Земля и Вселенная» в № 1 за 2000 г. привел полный список тематических указателей статей, опубликованных в этом журнале за все годы его издания, начиная с 1965 г.

Необходимыми пособиями для любителей являются «Школьный астрономический календарь», ежегодно выпускавшийся издательством «Просвещение» (в последние годы — «Дрофа»), «Астрономический календарь», выпускаемый журналом «Звездочет», а также «Астрономический календарь: Ежегодник (Переменная часть)», подготавливаемый Всероссийским астроно-мо-геодезическим обществом (издавался Главной редакцией физико-математической литературы издательства «Наука», а в последние годы — Космосинформ). В них содержатся все необходимые любителям сведения об астрономических явлениях в очередном году, часто публикуются инструкции для наблюдений, библиографический указатель и другие материалы.

Разумеется, очень много астрономической информации самого разного содержания и уровня размещено сейчас в Интернет. Однако при поиске справочных материалов нужно иметь в виду, что в зависимости от сайта их качество очень неоднородно. Как надежный справочник можно порекомендовать Handbook of Space Astronomy and Astrophysics, by Martin V. Zombeck (Cambridge University Press). 1982, 1990, ... (http://ads.harvard.edu/books/hsaa/).

История астрономии

Астрономия в СССР за 40 лет: 1917–1957. М.: Физматгиз, 1960, 728 с. Библиогр. 9500 назв.

Астрономия на крутых поворотах XX века. Сб. статей. Редактор-составитель А. И. Еремеева. Дубна: Феникс, 1997, 480 с.

Белый Ю. А. Иоганн Кеплер. М.: Наука, 1971, 295 с.

Белый Ю. А. Тихо Браге. М.: Наука, 1982, 229 с.

Белый Ю. А. Йоганн Мюллер (Регномонтан). М.: Наука, 1985, 128 с.

Бронштэн В. А. Клавдий Птолемей: II век н. э. М.: Наука, 1988, 241 с.

Вавилов С. И. Исаак Ньютон: 1693 1727. 4-е изд., доп. М.: Наука, 1989, 271 с.

Ван-дер-Варден Б. Пробуждающаяся наука: II. Рождение астрономии: Пер. с англ. под ред. А. А. Гурштейна. М.: Наука, 1991, 384 с.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Лаплас. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1985, 286 с.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки истории астрономии в России. М.: Гостехиздат, 1956, 372 с.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки истории астрономии в СССР. М.: Физматгиз, 1960, 114 с.

Вуд Д. Солнце, Луна и древние камни: Пер. с англ. М.: Мир, 1981, 268 с.

Галилей Г. Избранные труды. М.: Наука, 1964. Т. 1, 640 с.; Т. 2, 570 с.

Гевелий Я. Атлас звездного неба / Ред. и вступ. статья В. П. Щеглова. 4-е изд. Ташкент: Фан, 1981. XVIII+64 с. Со статьей П. В. Щеглова «Отраженные в небе мифы Земли». Текст на русск., узб. и англ. яз.

Глазенап С. П. Друзьям и любителям астрономии. М.—Л.: ОНТИ, 1936, 255 с.

Голубев Г. Улугбек. М.: Молодая Гвардия, 1960, 196 с.

Гурштейн А. А. Извечные тайны неба. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1991, 496 с.

Еремеева А. И. Астрономическая картина мира и ее творцы. М.: Наука, 1984, 224 с.

Еремеева А. И. Вселенная Гершеля: Космологические и космогонические идеи и открытия. М.: Наука. 1966, 319 с.

Еремеева А. И., Цицин Ф. А. История астрономии (Основные этапы развития астрономической картины мира): Учебник для ун-тов. М.: Изд.-во МГУ, 1989, 349 с.

Идельсон Н. И. Этюды по истории небесной механики. М.: Наука, 1975, 495 с.

Историко-астрономические исследования: Вып. 1–8. М.: Гостехиздат; Физматгиз, 1955–1962; Вып. 9–21. М.: Наука, 1966–1989; с 1990 г. выходят под названием «На рубежах познания Вселенной: Историко-астрономические исследования»; нумерация выпусков продолжается, но каждый выпуск является совершенно самостоятельным изданием.

История астрономии в России и СССР. Под ред. ак. В. В. Соболева. М.: Янус-К, 1999, 592 с.

История Астрономической обсерватории Московского университета и ГАИШ. М.: Изд-во МГУ, 1986, 191 с.

Климишин И. А. Календарь и хронология. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1990, 480 с.

Климишин И. А. Открытие Вселенной. М.: Наука, 1987, 320 с.

Козенко А. В. Джеймс Хопвуд Джинс. М.: Наука, 1985, 144 с.

Колчинский И. Г., Корсунь А. А., Родригес М. Г. Астрономы: Биографический справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Наукова думка, 1986, 511 с.

Коперник Н. О вращении небесных сфер; Малый коментарий; Послание против Веренера; Упсальская запись: Пер. с лат. И. Н. Веселовского. М.: Наука, 1964, 653 с.

Коротцев О. Н. Звезды Пулкова. Л.: Наука, 1989.

Космодемьянский А. А. Константин Эдуардович Циолковский. М.: Наука, 1987, 304 с.

Кузнецов Б. Г. Галилей. М.: Наука, 1964, 326 с.

Кузнецов Б. Г. Эйнштейн: Жизнь, смерть, бессмертие. 5-е изд. М.: Наука, 1979, 680 с.

Куликовский П. Г. М. В. Ломоносов — астроном и астрофизик. М.: Наука, 1986, 96 с.

Куликовский П. Г. Павел Карлович Штернберг (1865–1920). М.: Наука, 1987, 125 с.

Куликов Сергей. Нить времен: Малая энциклопедия календаря с заметками на полях газет. М.: Наука, 1991, 288 с.

Лавринович К. К. Фридрих Вильгельм Бессель (1784–1846). М.: Наука, 1989, 319 с.

Лаврова Н. Б. Библиография русской астрономической литературы: 1800–1900 гг. М.: Изд-во МГУ, 1968, 386 с. (Труды ГАИШ, Т. 37.)

Луцкий В. К. История астрономических общественных организаций в СССР (1888–1941 гг.). М.: Наука, 1982, 261 с.

Невская Н. И. Федор Александрович Бредихин. М.; Л.: Наука, 1964, 253 с.

Невская Н. И. Петербургская астрономическая школа XVIII в. Л.: Наука, 1984, 239 с.

Нейгебауэр О. Точные науки в древности: Пер. с англ. М.: Наука, 1968, 223 с.

Николай Коперник: К 500-летию со дня рождения (1473–1973). М.: Наука, 1973, 222 с.

Нумерова А. Б. Борис Васильевич Нумеров (1891–1941) / Под ред. В. К. Абалакина. Л.: Наука, 1983, 144 с.

Очерки истории отечественной астрономии (с древнейших времен до начала XX в.). Ред. Климишин И.А. Киев: Наукова думка, 1992, 512 с.

Очерки истории радиоастрономии в СССР. Киев: Наукова думка, 1985, 276 с.

Павлова Г. Е. Жозеф Жером Франсуа Лаланд. Л.: Наука, 1967, 134 с.

Павлова Г. Е. Степан Яковлевич Румовский. М.: Наука, 1979, 200 с.

Паннекук А. История астрономии: Пер. с англ. М.: Наука, 1966, 592 с.

Перель Ю. Г. Выдающиеся русские астрономы. М.: Гостехиздат, 1951, 215 с.

Перель Ю. Г. Развитие представлений о Вселенной. 2-е изд., доп. М.: Физматгиз, 1962, 392 с.

Развитие астрономии в СССР. М.: Наука, 1967, 475 с. Библиогр. С. 426–473.

Развитие радиоастрономии в СССР. М.: Наука, 1988, 222 с.

Райков Б. Е. Очерки по истории гелиоцентрического мировоззрения в России. М.—Л.: Изд.-во АН СССР, 1947.

Селешников С. И. Астрономия и космонавтика: Краткий хронологический справочник. Киев: Наукова думка, 1967, 303 с., библиогр. 528 назв.

Селешников С. И. История календаря и хронология. 3-е изд. М.: Наука, 1977, 224 с.

Сираджанов С. Х., Матвиевская Г. П. Ал Хорезми — выдающийся математик и астроном средневековья. М.: Просвещение, 1983, 80 с.

Соколовская (Новокшанова) З. К. Василий Яковлевич Струве. М.: Наука, 1964, 295 с.

150 лет Пулковской обсерватории. Л.: Наука, 1989, 307 с.

Струве О., Зебергс В. Астрономия XX века: Пер. с англ. М.: Мир, 1968, 548 с.

Тюлина И. А. Жозеф Луи Лагранж (1736–1813). М.: Наука, 1977, 223 с.

Уитни Ч. Открытие нашей Галактики: Пер. с англ. М.: Мир, 1975, 237 с.

Успехи СССР в исследовании космического пространства: Первое космическое десятилетие: 1957–1967. М.: Наука, 1968, 554 с.

Успехи Советского Союза в исследовании космического пространства: Второе космическое десятилетие: 1967–1977. М.: Наука, 1978, 732 с.

Херрман Д. Открыватели неба: Пер. с нем. М.: Мир, 1981, 232 с., илл.

Хокинс Дж., Уайт Дж. Кроме Стоунхенджа: Пер. с англ. М.: Мир, 1977, 270 с.

Хокинс Дж., Уайт Дж. Разгадка Стоунхенджа: Пер. с англ. 2-е изд. М.: Мир, 1984, 256 с.

Ченакал В. Л. М. В. Ломоносов в портретах, иллюстрациях и документах. М.: Просвещение, 1965, 315 с.

Шаров А. С., Новиков И. Д. Человек, открывший взрыв Вселенной: Жизнь и труд Эдвина Хаббла. М.: Наука, 1989, 205 с.

Шкловский И. С. Из истории развития радиоастрономии в СССР. М.: Знание, 1982, 64 с.

И. С. Шкловский и современная астрофизика. Сб. статей. М.: Знание, 1986, 64 с.

Штекли А. Джордано Бруно. М.: Молодая Гвардия, 1964, 384 с.

Шеглов П. В. Отраженные в небе мифы Земли. М.: Наука, 1986, 110 с.

Книги общего содержания

Абалакин В. К. Основы эфемеридной астрономии. М.: Наука, 1979, 448 с.

Агекян Т. А. Основы теории ошибок для астрономов и физиков. М.: Наука, 1972, 170 с.

Азимов А. Вселенная: Пер. с англ. М.: Мир, 1969, 352 с.

Аллен К. Астрофизические величины: Пер. с англ. 3-е изд. М.: Мир, 1977, 446 с.

Амбарцумян В. А. Загадки Вселенной. М.: Педагогика, 1987, 111 с.

Астрономический календарь: Постоянная часть. 7-е изд., перераб. М.: Наука, 1981, 704 с.

Астрономия (Энциклопедия для детей). 2-е изд., исправл. и доп. М.: Аванта+, 1998, 688 с.

Бакулин П. И. Фундаментальные каталоги звезд. 2-е изд. / Под ред. и с доп. А. П. Гуляева. М.: Наука, 1980, 336 с.

Бакулин П. И., Блинов Н. С. Служба точного времени. М.: Наука, 1977, 352 с.

Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М.: Наука, 1983, 560 с.

Белецкий В. В. Очерки о движении космических тел. 2-е изд. М.: Наука, 1977, 432 с.

Белов К. П., Бочкарев Н. Г. Магнетизм на Земле и в космосе. М.: Наука, 1983, 192 с.

Блажко С. Н. Курс практической астрономии. 4-е изд. М.: Наука, 1979, 432 с.

Бова Б. Новая астрономия: Пер. с англ. М.: Мир, 1976, 230 с.

Бочкарев Н. Г. Магнитные поля в космосе. М.: Наука, 1985, 206 с.

Бронштэн В. А. Беседы о космосе и гипотезах. М.: Наука, 1968, 240 с.

Вавилов С. И. Глаз и Солнце. 10-е изд. М.: Наука, 1981.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки о Вселенной. 8-е изд. перераб. и доп. М.: Наука, 1980, 672 с.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Сборник задач и практических упражнений по астрономии. 7-е изд. М.: Наука, 1977, 272 с.

Вселенная, астрономия, философия. М.: Изд-во МГУ, 1988, 192 с.

Гаврилов М. Г. Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике. Черноголовка. 1998, 100 с.

Глазов Ю. Н., Колесников Ю. В. В открытом космосе. М.: Педагогика, 1990.

Горбацкий В. Г. Космические взрывы. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1979, 204 с.

Грушинский Н. П., Грушинский А. Н. В мире сил тяготения. 3-е изд. М.: Недра, 1985, 151 с.

Дагаев М. М., Демин В. Г., Климишин И. А., Чаругин В. М. Астрономия. М.: Просвещение, 1983, 384 с.

Демидов В. Е. Время, хранимое как драгоценность. М.: Знание, 1977, 174 с.

Докучаева О. Д. Астрономическая фотография: Материалы и методы. М.: Физико-математическая литература, 1994, 480 с.

Дубошин Г. Н. Небесная механика: Основные задачи и методы. 3-е изд. доп. М.: Наука, 1975, 799 с.

Завельский Ф. С. Время и его измерение: От биллионных долей секунды до миллиардов лет. 5-е изд., испр. М.: Наука, 1987, 354 с.

Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Строение и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975, 736 с.

Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Теория тяготения и эволюция звезд. М.: Наука, 1971, 484 с.

Зигель Ф. Ю. Астрономическая мозаика. М.: Наука, 1987, 174 с.

Иванов В. В., Кривов А. В., Денисенков П. А. Парадоксальная Вселенная: 175 задач по астрономии. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 1997, 144 с.

Карпенко Ю. А. Названия звездного неба. 2-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 1985, 181 с.

Климишин И. А. Астрономия наших дней. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1986, 560 с.

Климишин И. А. Релятивистская астрономия. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В. С. Имшенника. М.: Наука, 1990, 288 с.

Климишин И. А. Элементарная астрономия. М.: Наука, 1991, 464 с.

Комаров В. Н., Пановкин Б. Н. Занимательная астрофизика. М.: Наука, 1984, 192 с.

Кононович Э. В., Мороз В. И. Общий курс астрономии / Под ред. В. В. Иванова. М.: Едиториал УРСС, 2001, 542 с.

Корлисс У. Р. Загадки Вселенной: Пер. с англ. М.: Мир, 1970, 247 с.

Космонавтика: Энциклопедия / Гл. ред. В. П. Глушко. М.: Сов. энциклопедия, 1985, 528 с.

Куимов К. В. Современные системы измерения времени в астрономии // Астрономический календарь на 1990. М.: Наука, 1989. С. 192–207.

Куимов К. В. Измерение времени в астрономии // Астрономический календарь на 1994. М.: Наука, 1993. С. 185–189.

Куликов К. А. Изменяемость широт и долгот. М.: Физматгиз, 1962, 400 с.

Куликов К. А. Курс сферической астрономии. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1974, 232 с.

Куликов К. А. Новая система астрономических постоянных. М.: Наука, 1969, 91 с.

Курс астрофизики и звездной астрономии: Т. 1. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1973, 608 с.; Т. 2. М.: Физматгиз, 1962, 688 с.; Т. 3. М.: Наука, 1964, 376 с.

Мартынов Д. Я. Курс общей астрофизики. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1988, 640 с.

Мартынов Д. Я. Курс практической астрофизики. 3-е изд., перераб. М.: Наука, 1977, 544 с.

Мартынов Д. Я., Липунов В. М. Сборник задач по астрофизике. М.: Наука, 1986, 128 с.

Миттон С. и Ж. Астрономия: Пер. в англ. М.: Росмэн, 1995, 160 с.

Михайлов А. А. Теория затмений. 2-е изд. М.: Гостехиздат, 1954, 272 с.

Монльор Р. Р. Астрономия: Школьный атлас: Пер. с исп. М.: Росмэн, 1998, 88 с.

Москаленко Е. И. Методы внеатмосферной астрономии. М.: Наука, 1984, 280 с.

Моше Д. Астрономия: Книга для учащихся: Пер. с англ. М.: Просвещение, 1985, 255 с.

Мухин Л. Мир астрономии: Рассказы о Вселенной, звездах и галактиках. М.: Мол. Гвардия, 1987, 207 с.

Николсон П. Тяготение, черные дыры и Вселенная: Пер. с англ. М.: Мир, 1983, 240 с.

Новиков И. Д. Куда течет река времени? М.: Мол. Гвардия, 1990, 240 с.

Огородников К. Ф. Динамика звездных систем. М.: Физматгиз, 1958, 628 с.

Олимпиады по астрономии и космической физике. Прилож. к журналу «Квант», № 4, 1998. Под ред. Сурдина В. Г. Сост. Гаврилов М. Г. М.: Бюро «Квантум», 1998, 128 с.

Основные направления астрономических исследований в Московском университете: Сб. статей. М.: Изд-во МГУ, 1985, 174 с.

Парнов Еремей. Трон Люцифера. 2-е изд., М.: Политическая литература, 1991. (Книга против магии, астрологии, оккультных и прочих лженаук.)

Перельман Я. И. Занимательная астрономия. 11-е изд. М.: Наука, 1966, 211 с.

Подобед В. В., Нестеров В. В. Общая астрометрия. 2-е изд. М.: Наука, 1982, 576 с.

Редже Т. Этюды о Вселенной: Пер. с англ. / Предисл. Б. Понтекорво. М.: Мир, 1985, 190 с.

Розгачева И. К. Самоорганизующиеся системы во Вселенной. М.: Знание, 1989, 64 с.

Рябов Ю. А. Движение небесных тел. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1988, 273 с.

Сагитов М. У. Постоянная тяготения и масса Земли. М.: Наука, 1969, 188 с.

Сиборг Г. Т., Вэленс Э. Г. Элементы Вселенной. М.: Наука, 1966, 264 с.

Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Под ред. Г. Н. Дубошина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1976, 864 с.

Страйжис В. Я. Многоцветная фотометрия звезд. Вильнюс: Макслас, 1977, 310 с.

Струве О., Линдс Б., Пилланс Э. Элементарная астрономия. М.: Наука, 1967, 483 с.

Сурдин В. Г. Небо. М.: Слово, 2000, 48 с.

Сурдин В. Г. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. М.: МГУ, 1995, 320 с.

Физика космоса: Маленькая энциклопедия / Гл. ред. С. Б. Пикельнер. М.: Сов. энцикл., 1976, 655 с.; 2-е изд., перераб. и доп. / Гл. ред. Р. А. Сюняев. М.: Сов. энцикл., 1986, 783 с.

Хауз Д. Гринвичское время и открытие долготы. М.: Мир, 1972, 149 с.

Ходж П. Революция в астрономии: Пер. с англ. М.: Мир, 1972, 149 с.

Шкловский И. С. Проблемы современной астрофизики. 2-е изд., доп. М.: Наука, 1988, 252 с.

Щиголев Б. М. Математическая обработка наблюдений. 3-е изд. М.: Наука, 1969, 344 с.

Энциклопедический словарь юного астронома: Для среднего и старшего школьного возраста. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Педагогика, 1986, 336 с.

Солнце

Брей Р., Лоурхед Р. Солнечные пятна: Пер. с англ. М.: Мир, 1967, 383 с.

Витинский Ю. И. Солнечная активность. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука. 1983. 192 с.

Витинский Ю. И., Копецкий М., Куклин Г. В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Наука, 1986, 296 с.

Гибсон Э. Спокойное Солнце: Пер. с англ. М.: Мир, 1977, 408 с.

Кононович Э. В. Солнечная корона. М.: Физматгиз, 1958, 88 с.

Кононович Э. В. Солнце — дневная звезда. М.: Просвещение, 1982, 112 с.

Левитан Е. П. Природа солнечных пятен. М.: Наука, 1964, 127 с.

Макарова Е. А., Харитонов А. В. Распределение энергии в спектре Солнца и солнечная постоянная. М.: Наука, 1972, 288 с.

Макарова Е. А., Харитонов А. В., Казачевская Т. В. Поток солнечного излучения. М.: Наука, 1991, 400 с.

Мензел Д. Г. Наше Солнце: Пер. с англ. М.: Физматгиз, 1963, 328 с.

Миттон С. Дневная звезда: Рассказ о нашем Солнце: Пер. с англ. М.: Мир, 1984, 207 с.

Монин А. С. Солнечный цикл. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 68 с.

Обридко В. Н. Солнечные пятна и комплексы активности. М.: Наука, 1985, 254 с.

Солнечная и солнечно-земная физика: Иллюстрированный словарь терминов: Пер. с англ. М.: Мир, 1980, 254 с.

Солнце: Пер. с англ. // Солнечная система / Под ред. Д. Койпера. М.: ИЛ, 1957. Т. 1, 609 с.

Степанян Н. Н. Наблюдаем Солнце. М.: Наука, 1992.

Шкловский И. С. Физика солнечной короны. 2-е изд., доп. М.: Физматгиз, 1962, 516 с.

Щеглов П. В. Солнечные затмения. М.: Знание, 1981, 64 с.

Планеты и спутники

Атлас обратной стороны Луны. Ч. 1. М.: Изд-во АН СССР, 1960, 149 с.; Ч. 2. М.: Наука, 1067, 236 с.; Ч. 3. М.: Наука, 1975, 240 с.

Атлас планет земной группы и их спутников. М.: Наука, 1990, 208 с.

Бронштэн В. А. Как движется Луна. М.: Наука, 1990, 208 с.

Бурба Г. А. Номенклатура деталей рельефа Венеры. М.: Наука, 1988, 63 с.

Бурба Г. А. Номенклатура деталей рельефа галилеевых спутников Юпитера. М.: Наука, 1984, 87 с.

Бурба Г. А. Номенклатура деталей рельефа Марса. М.: Наука, 1981, 85 с.

Бурба Г. А. Номенклатура деталей рельефа Меркурия. М.: Наука, 1982, 52 с.

Бурба Г. А. Номенклатура деталей рельефа спутников Сатурна. М.: Наука, 1986, 76 с.

Бялко А. В. Наша планета Земля. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1989, 239 с.

Витязев А. В., Печерникова Г. В., Сафронов В. С. Планеты земной группы: Происхождение и ранняя эволюция. М.: Наука, 1990, 296 с.

Владимирский Б. М., Кисловский Л. Д. Космические воздействия и эволюция биосферы. М.: Знание, 1986, 64 с.

Волков А. В., Сурдин В. Г. Планеты. М.: Слово, 2000, 48 с.

Галкин И. Н. Внеземная сейсмология. М.: Наука, 1988, 191 с.

Горькавый Н. Н., Фридман А. М. Физика планетных колец. М.: Наука, 1994, 348 с.

Гребенников Е. А., Рябов Ю. А. Поиски и открытия планет. М.: Наука, 1984, 224 с.

Грушинский Н. П. Теория фигуры Земли. М.: Физматгиз, 1983, 448 с.

Дагаев М. М. Солнечные и лунные затмения. М.: Наука, 208 с.

Демин В. Г. Судьба Солнечной системы: Популярные очерки о небесной механике. 2-е изд. М.: Наука, 1975, 264 с.

Дольфюс О. Планеты и спутники: Пер. с англ. и франц. М.: Мир, 1974, 580 с.

Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. 2-е изд., перераб. М.: Наука, 1983, 415 с.

Зуев В. Е., Креков Г. М. Оптические модели атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1986.

Кауфман У. Планеты и луны: Пер. с англ. М.: Мир, 1982, 217 с.

Кондратьев К. Я., Крупенио Н. Н., Смирнов А. С. Планета Венера. Л.: Гидрометеоиздат, 1987, 378 с.

Ксанфомалити Л. В. Планета Венера. М.: Наука, 1985, 375 с.

Ксанфомалити Л. В. Планеты, открытые заново. М.: Наука, 1974, 176 с.

Ксанфомалити Л. В. Парад планет. М.: Наука Физматлит, 1997, 256 с.

Кузьмин А. Д. Планета Венера. М.: Наука, 1981, 94 с.

Кузьмин А. Д., Маров М. Я. Физика планеты Венера. М.: Наука, 1974, 408 с.

Кузьмин Р. О., Галкин И. Н. Как устроен Марс. М.: Знание, 1989, 64 с.

Куликов К. А. Вращение Земли. М.: Недра, 1985, 159 с.

Куликов К. А. Первые космонавты на Луне: Описание Луны и астрономических явлений, наблюдаемых с ее поверхности. М.: Наука, 1965, 189 с.

Куликов К. А., Гуревич В. Б. Новый облик старой Луны. М.: Наука, 1974, 152 с.

Куликов К. А., Гуревич В. Б. Основы лунной астрометрии. М.: Наука, 1977, 190 с.

Куликов К. А., Сидоренков Н. С. Планета Земля. 2-е изд., доп. М.: Наука, 1977, 190 с.

Линк Ф. Лунные затмения. М.: Изд-во иностранной лит., 1962.

Малые планеты / Под ред. Н. С. Самойловой-Яхонтовой. М.: Наука, 1973, 360 с.

Маров М. Я. Планеты Солнечной системы. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1986, 320 с.

Мартынов Д. Я. Планеты: Решенные и нерешенные проблемы. М.: Наука, 1970, 88 с.

Монин А. С. Популярная история Земли. М.: Наука, 1980, 224 с.

Мороз В. И. Физика планет. М: Наука, 1967, 496 с.

Мороз В. И. Физика планеты Марс. М.: Наука, 1978, 351 с.

Ньето М. М. Закон Тициуса Боде: История и теория: Пер. с англ. М.: Мир, 1976, 190 с.

Озима М. Глобальная эволюция Земли. М.: Мир, 1990.

Очерки сравнительной планетологии / Отв. ред. В. Л. Барсуков. М.: Наука, 1981, 326 с.

Ржига О. Н. Новая эпоха в исследовании Венеры: Радиолокационная съемка с помощью космических аппаратов «Венера-15» и «Венера-16». М.: Знание, 1988, 64 с.

Роузвер Н. Т. Перигелий Меркурия: От Леверье до Эйнштейна. М.: Мир, 1985, 246 с.

Рускол Е. Л. Естественные спутники планет / Под ред. В. В. Шевченко. М.: ВИНИТИ, 1986, 116 с. (Итоги науки и техники / Серия «Астрономия». Т. 28.)

Силкин Б. И. В мире множества лун: Спутники планет. М.: Наука, 1982, 208 с.

Симоненко А. Н. Астероиды, или тернистые пути исследований. М.: Наука, 1985, 208 с.

Спутники Марса: Пер. с англ. М.: Мир, 1981, 100 с.

Тейфель В. Г. Юпитер и Сатурн — гиганты Солнечной системы. М.: Знание, 1976, 64 с.

Тейфель В. Г. Уран и Нептун — далекие планеты-гиганты. М.: Знание, 1982, 64 с.

Уайт А. Планета Плутон: Пер. с англ. М.: Мир, 1983, 125 с.

Уипл Ф. Семья Солнца: Планеты и спутники Солнечной системы. М.: Мир, 1983, 316 с.

Уманский С. П. Луна — седьмой континент. М.: Знание, 1989, 120 с.

Хаббард У. Внутреннее строение планет: Пер. с англ. М.: Мир, 1987, 328 с.

Шевченко В. В. Современная селенография. М.: Наука, 1980, 288 с.

Кометы, метеоры, метеориты

Бабаджанов П. Б. Метеоры и их наблюдение. М.: Наука, 1987.

Беляев Н. А., Чурюмов К. И. Комета Галлея и ее наблюдение. М.: Наука, 1985, 271 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Бронштэн В. А. Метеоры, метеориты, метеороиды. М.: Наука, 1987, 173 с.

Бронштэн В. А. Физика метеорных явлений. М.: Наука, 1981, 416 с.

Бронштэн В. А. Тунгусский метеорит: история исследования. М.: Сельянов А. Д., 2000, 312 с.

Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет. М.: Физматгиз, 1958, 575 с.

Дополнения к этой книге:

Всехсвятский С. К. Кометы 1961–1965 гг. М.: Наука, 1967, 87 с.

Всехсвятский С. К., Ильчишина Н. И. Физические характеристики комет 1965–1970 гг. М.: Наука, 1974, 112 с.

Всехсвятский С. К. Физические характеристики комет 1971–1975 гг. Киев: Наукова думка, 1979, 115 с.

Андриенко Д. А., Карпенко А. В. Физические характеристики комет 1976–1980 гг. М.: Наука, 1987, 150 с.

Вуд Дж. Метеориты и происхождение Солнечной системы: Пер. с англ. М.: Мир, 1971, 176 с.

Гетман В. С. Внуки Солнца: Астероиды, кометы, метеорные тела. М.: Наука, 1989, 175 с.

Давыдов В. Д. Загадки кометных ядер. М.: Знание, 1988, 64 с.

Дивари Н. Б. Зодиакальный свет и межпланетная пыль. М.: Знание, 1981, 64 с.

Добровольский О. В. Кометы. М.: Наука, 1966, 288 с.

Катасёв Л. А. Исследование метеоров в атмосфере Земли фотографическим методом. Л.: Гидрометеоиздат, 1966, 334 с.

Кринов Е. Л. Железный дождь. М.: Наука, 1981, 192 с.

Кринов Е. Л. Основы метеоритики. М.: Гостехиздат, 1955, 392 с.

Кузнецова Л. И. Вестники Вселенной. М.: Знание, 1980.

Левин Б. Ю. Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе. М.: Изд-во АН СССР, 1956, 293 с.

Мак-Кинли Д. Методы метеорной астрономии: Пер. с англ. М.: Мир, 1964, 383 с.

Марочник Л. С. Свидание с кометой. М.: Наука, 1985, 205 с.

Марочник Л. С. Экспедиция к комете Галлея. М.: Знание, 1987, 64 с.

Мэйсон Б. Метеориты: Пер. с англ. М.: Мир, 1965, 306 с.

Симоненко А. Н. Метеориты — осколки астероидов. М.: Знание, 1982, 318 с.

Томита К. Беседы о кометах: Пер. с япон. М.: Знание, 1982, 318 с.

Хотинок Р. Л. О наблюдении ярких болидов и поиске метеоритов // Наука и жизнь, 1/1998.

Хотинок Р. Л. Рассказы о метеоритах. (С библиографией) // Земля и Вселенная, 5/1994.

Хрянина Л. П. Метеоритные кратеры на Земле. М.: Недра, 1987, 113 с.

Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение. М.: Наука, 1980, 160 с.

Шульман Л. М. Ядра комет. М.: Наука, 1987, 232 с.

Звезды, галактики, Вселенная

Агекян Т. А. Звезды, галактики, метагалактика. 3-е изд., перераб. М.: Наука, 1981, 415 с.

Аллер Л. Атомы, звезды, туманности. М.: Мир, 1976, 352 с.

Амнуэль П. Р. Загадки для знатоков: Об открытии и исследовании пульсаров. М.: Знание, 1988, 192 с.

Происхождение и эволюция звезд и галактик: Пер. с англ. М.: Мир, 1966, 299 с.

Бербидж Д., Бербидж М. Квазары: Пер. с англ. М.: Мир, 1969, 240 с.

Бисноватый-Коган Г. С. Физические вопросы теории звездной эволюции. М.: Наука, 1989, 488 с.

Бок Б., Бок П. Млечный Путь: Пер. с англ. М.: Мир, 1978, 296 с.

Бочкарев Н. Г. Местная межзвездная среда. М.: Наука, 1990, 192 с.

Бочкарев Н. Г. Основы физики межзвездной среды. М.: Изд-во МГУ, 1992, 352 с.

Бронштэн В. А. Гипотезы о звездах и Вселенной. М.: Наука, 1974, 384 с.

Баттен А. Двойные и кратные звезды: Пер. с англ. М: Мир, 1976, 323 с.

Вайнберг С. Первые три минуты: Современный взгляд на происхождение Вселенной: Пер. с англ. М.: Энергоиздат, 1981, 209 с.

Вильковиский Э. Я. Квазары и активность ядер галактик. М.: Наука, 1985, 174 с.

Воронцов-Вельяминов Б. А. Внегалактическая астрономия. 2-е изд. М.: Наука, 1978, 472 с.

Горбацкий В. Г. Введение в физику галактик и скоплений галактик. М.: Наука, 1986, 256 с.

Гоффмейстер К., Рихтер Г., Венцель В. Переменные звезды: Пер. с нем. / Под ред. Н. Н. Самуся. М.: Наука, 1990.

Гуревич Л. Э., Чернин А. Д. Происхождение галактик и звезд. 2-е изд. М.: Наука, 1987, 192 с.

Гурзадян Г. А. Звездные вспышки: Физика. Космогония. М.: Наука, 1985, 560 с.

Гурзадян Г. А. Звездные хромосферы, или дублет 2800 MgII в астрофизике. М.: Наука, 1984, 424 с.

Дайсон Ф., Тер Хаар Д. Нейтронные звезды и пульсары: Пер с англ. М.: Мир, 1973, 192 с.

Де Ягер К. Звезды наибольшей светимости: Пер. с англ. М.: Мир, 1984, 493 с.

Ефремов Ю. Н. В глубины Вселенной. 3-е изд., перераб. М.: Наука, 1984, 244 с.

Ефремов Ю. Н. Новый взгляд на Галактику. М.: Знание, 1989, 64 с.

Ефремов Ю. Н. Очаги звездообразования в галактиках: Звездные комплексы и спиральные рукава. М.: Наука, 1989, 246 с.

Звезды и звездные системы / Под ред. Д. Я. Мартынова. М.: Наука, 1981, 416 с.

Зонн В. Галактики и квазары: Пер. с польск. М.: Мир, 1978, 247 с.

Каплан С. А. Физика звезд. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1977, 207 с.

Каплан С. А., Пикельнер С. Б. Физика межзвездной среды. М.: Наука, 1979, 591 с.

Караченцев И. Д. Двойные галактики. М.: Наука, 1987, 248 с. + 32 с. илл.

Климишин И. А. Релятивистская астрономия / Под ред. В. С. Имшенника. М.: Наука, 1990, 288 с.

Костякова Е. Б. Физика планетарных туманностей. М.: Наука, 1982, 126 с.

Крамаровский Я. М., Чечев В. П. Синтез элементов во Вселенной. М.: Наука, 1987, 160 с.

Кукаркин Б. В. Шаровые звездные скопления. М.: Наука, 1974, 135 с.

Куликовский П. Г. Звездная астрономия. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1985, 272 с.

Куто П. Наблюдения визуально-двойных звезд: Пер. с франц. М.: Мир, 1981, 238 с.

Ламзин С. А., Сурдин В. Г. Что такое протозвезды? М.: Знание, 1988, 64 с.

Левитт И. За пределами известного мира: От белых карликов до квазаров: Пер. с англ. М.: Мир, 1978, 176 с.

Лейзер Д. Открывая картину Вселенной: Пер. с англ. М.: Мир, 1988, 324 с.

Липунов В. М. Астрофизика нейтронных звезд. М.: Наука, 1987, 296 с.

Липунов В. М. В мире двойных звезд. М.: Наука, 1986, 205 с.

Липунов В. М. Все нейтронные звезды. М.: Просвещение, 1988, 62 с.

Лозинская Т. А. Сверхновые звезды и звездный ветер: Взаимодействие с газом Галактики. М.: Наука, 1986, 304 с.

Манчестер Р., Тейлор Дж. Пульсары: Пер. с англ. М.: Мир, 1980, 292 с.

Марочник Л. С., Сучков А. А. Галактика. М.: Наука, 1984, 392 с.

Масевич А. Г., Тутуков А. В. Эволюция звезд: Теория и наблюдения. М.: Наука, 1988, 280 с.

Нарликар Дж. Неистовая Вселенная: Пер. с англ. М.: Мир, 1985, 256 с.

Нарликар Дж. От черных облаков к черным дырам: Пер. с англ. М.: Энергоиздат, 1989, 140 с.

Нестационарные звезды и методы их исследования. Серия коллективных монографий:

Затменные переменные звезды / Под ред. В. П. Цесевича. М.: Наука, 1971, 352 с.

Методы исследования переменных звезд / Под ред. В. Б. Никонова. М.: Наука, 1971, 336 с.

Пульсирующие звезды / Под ред. Б. В. Кукаркина. М.: Наука, 1970, 372 с.

Эруптивные звезды / Под ред. А. А. Боярчука, Р. Е. Гершберга. М.: Наука, 1979, 376 с.

Явления нестационарности и звездная эволюция / Под ред. А. А. Боярчука, Ю. Н. Ефремова. М.: Наука, 1974, 376 с.

Новиков И. Д. Как взорвалась Вселенная. М.: Наука, 1988, 174 с.

Новиков И. Д. Эволюция Вселенной. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1990, 192 с.

Новиков И. Д., Фролов В. П. Физика черных дыр. М.: Наука, 1986, 328 с.

Общий каталог переменных звезд. 4-е изд., содержащее сведения о переменных звездах, открытых и обозначенных до 1982 г. / Отв. ред. П. Н. Холопов. М.: Наука. Т. 1. 1985, 376 с.; Т. 2. 1985, 366 с.; Т. 3. 1987, 368 с.

Пикельнер С. Б. Основы космической электродинамики. 2-е изд. М.: Наука, 1960, 407 с.

Пикельнер С. Б. Физика межзвездной среды. М.: Изд-во АН СССР, 1958, 216 с.

Происхождение и эволюция галактик и звезд / Под ред. С. Б. Пикельнера. М.: Наука, 1976, 408 с.

Псковский Ю. П. Новые и сверхновые звезды. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1985, 207 с.

Розенталь И. Л. Проблемы начала и конца Метагалактики. М.: Знание, 1985, 64 с.

Розенталь И. Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. М.: Наука, 1984, 112 с.

Рузмайкин А. А., Соколов А. Д., Шукуров А. М. Магнитные поля галактик. М.: Наука, 1988, 288 с.

Самусь Н. Н. Шаровые скопления. М.: Знание, 1987, 64 с.

Силк Д. Большой взрыв: Рождение и эволюция Вселенной: Пер. с англ. М.: Мир, 1982, 391 с.

Сурдин В. Г. Рождение звезд. 3-е изд., перераб. и доп. М.: УРСС, 2001, 262 с.

Сурдин В. Г., Ламзин С. А. Протозвезды: Где, как и из чего формируются звезды. М.: Наука, 1992, 192 с.

Сучков А. А. Галактики знакомые и загадочные. М.: Наука, 1988, 192 с.

Тейлер Р. Строение и эволюция звезд: Пер. с англ. М.: Мир, 1973, 280 с.

Хойл Ф. Галактики, ядра, квазары: Пер. с англ. М.: Мир, 1968, 155 с.

Холопов П. Н. Звездные скопления. М.: Наука, 1981, 479 с.

Чернин А. Д. Звезды и физика. М.: Наука, 1984, 160 с.

Чечев В. П., Крамаровский Я. М. Радиоактивность и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1978, 208 с.

Шаров А. С. Спиральная галактика Мессье 33. М.: Наука, 1988, 245 с.

Шаров А. С. Туманность Андромеды. М.: Наука, 1982, 447 с.

Шкловский И. С. Звезды, их рождение, жизнь и смерть. 3-е изд. М.: Наука, 1984, 384 с.

Шкловский И. С. Сверхновые звезды и связанные с ними проблемы. М.: Наука, 1976, 440 с.

Радиоастрономия

Брауде С. Я., Конторович В. М. Радиоволны рассказывают о Вселенной. Киев: Наукова думка, 1982, 235 с.

Есепкина Н. А., Корольков Д. В., Парийский Ю. Н. Радиотелескопы и радиометры / Под ред. Д. В. Королькова. М.: Наука, 1973, 416 с.

Железняков В. В. Радиоизлучение Солнца и планет. М.: Наука, 1964, 560 с.

Каплан С. А. Элементарная радиоастрономия. М.: Наука, 1966, 275 с.

Конникова В. К. Конспект лекций по практической радиоастрономии. Нижний Архыз: КИИЦ «CYGNUS», 1999, 84 с.

Краус Д. Д. Радиоастрономия: Пер. с англ. М.: Сов. радио, 1973, 456 с.

Рудницкий Г. М. Конспект лекций по курсу «Радиоастрономия». Нижний Архыз: КИИЦ «CYGNUS», 2001, 208 с.

Товмасян Г. М. Внегалактические источники радиоизлучения. М.: Наука, 1986, 240 с.

Хей Дж. С. Радиовселенная: Пер. с англ. М.: Мир, 1978, 283 с.

Шкловский И. С. Радиоастрономия: Популярный очерк. М.: Гостехиздат, 1955, 296 с.

Жизнь во Вселенной

Внеземные цивилизации: Проблемы межзвездной связи / Под ред. С. А. Каплана. М.: Наука, 1969, 428 с.

Внеземные цивилизации: Труды совещания 20–23 мая 1964 г., Бюракан. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1965, 150 с.

Вселенная и разум: Сб. статей. М.: Знание, 1988, 64 с.

Гиндилис Л. М. Космические цивилизации. М.: Знание, 1973, 64 с.

Гиндилис Л. М. SETI: Поиск внеземного разума. Под ред. В. Г. Сурдина. М.: Изд-во «Физматлит», 2002, 500 с.

Лесков Л. В. Космические цивилизации: Проблемы эволюции. М.: Знание, 1985, 64 с.

Межзвездная связь: Пер. с англ. М.: Мир, 1965, 324 с.

Проблема CETI: Связь с внеземным разумом / Под ред. С. А. Каплана. М.: Мир, 1975, 352 с. (Тр. конференции в Бюракане в 1971 г.)

Проблема поиска внеземных цивилизаций / Отв. ред. В. С. Троицкий, Н. С. Кардашев. М.: Наука, 1981, 263 с.

Проблема поиска жизни во Вселенной: Тр. Таллинского симпозиума / Отв. ред. В. А. Амбарцумян, Н. С. Кардашев, В. С. Троицкий. М.: Наука, 1986, 249 с.

Рубцов В. В., Урсул А. Д. Проблемы внеземных цивилизаций: Философско-методологические аспекты. 2-е изд. доп. Кишинев: Штиинца, 1987, 335 с.

Фесенков В. Г. Жизнь во Вселенной. М.: Знание, 1964, 55 с.

Хоровиц Н. Поиски жизни в Солнечной системе: Пер. с англ. М.: Мир, 1988, 187 с.

Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. 6-е изд., доп. М.: Наука, 1987, 320 с.

Обсерватории, инструменты

Витинский Ю. И. Главная астрономическая обсерватория АН СССР в Пулкове. Л.: Наука, 1981, 47 с.

Вокулер Ж., Тексеро Ж. Фотографирование небесных тел: Для любителей астрономии: Пер. с франц. М.: Наука, 1967, 104 с.

Вокулер Ж. Астрономическая фотография: От дагерротипии до электронной камеры: Пер. с англ. М.: Наука, 1975, 136 с.

Зигель Ф. Ю. Астрономы наблюдают. 2-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 1985, 192 с.

Любительские телескопы. М.: Наука, 1975, 119 с.

Любительское телескопостроение. М.: Наука. Вып. 1. 1964, 110 с.; Вып. 2. 1966, 100 с.

Максутов Д. Д. Астрономическая оптика. 2-е изд., доп. биографией Д. Д. Максутова, перечнем работ и примеч. М.: Наука, 1979, 396 с.

Максутов Д. Д. Изготовление и исследование астрономической оптики. 2-е изд. М.: Наука, 1984, 272 с.

Мельников О. А., Слюсарев Г. Г., Марков А. В., Купревич Н. Ф. Современный телескоп. М.: Наука, 1968, 320 с.

Методы астрономии: Пер. с англ. М.: Мир, 1967, 536 с.

Михельсон Н. Н. Оптические телескопы: Теория и конструкция. М.: Наука, 1976, 512 с.

Набока И. П. «Менисковый астрограф» (опыт постройки) // ЗиВ. 1992, № 3. С. 92–93.

Навашин М. С. Телескоп астронома-любителя. 4-е изд. М.: Наука, 1979, 439 с.

Наумов Д. А. Изготовление оптики для любительских телескопов-рефлекторов и ее контроль. М.: Наука, 1988, 156 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Оптические телескопы будущего. М.: Мир, 1981, 432 с.

Оптические и инфракрасные телескопы 90-х годов. М.: Мир, 1983, 294 с.

Пономарев Д. Н. Астрономические обсерватории Советского Союза. М.: Наука, 1987, 209 с.

Попов Г. М. Асферические поверхности в астрономической оптике. М.: Наука, 1980, 160 с.

Попов Г. М. Современная астрономическая оптика. М.: Наука, 1988, 192 с.

Сикорук Л. Л. Телескопы для любителей астрономии. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1989, 368 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Современные телескопы / Под ред. Дж. Бербиджа и А. Хьюит. Пер. с англ. с предисл. Э. А. Дибая. М.: Мир, 1984, 312 с.

Стонг К. Л. Самодельный телескоп-рефлектор с металлическим зеркалом: Пер. с англ. М.: Мир, 1965, 38 с.

Сухорукова А. Пароль — БТА. Л.: ДЛ, 1988, 184 с.

Телевизионная астрономия / Под ред. В. Б. Никонова. 2-е изд. М.: Наука, 1984, 272 с.

Токовинин А. А. Орбитальные оптические телескопы. М.: Знание, 1986, 64 с.

Туманов В. Н. Астрограф с ручным приводом // ЗиВ. 1990, № 3, с. 94–95.

Уокер Г. Астрономические наблюдения: Пер. с англ. М.: Мир, 1990, 352 с.

Щеглов П. В. Проблемы оптической астрономии. М.: Наука, 1980, 272 с.

Щеглов П. В. Оптические телескопы сегодня и завтра. М.: Знание, 1980, 64 с.

Эклз М., Сим Э., Триттон К. Детекторы слабого излучения в астрономии: Пер. с англ. М.: Мир, 1986, 200 с.

Карты, атласы, руководства для наблюдений

Андрианов Н. К., Марленский А. Д. Астрономические наблюдения в школе: Книга для учителей. М.: Просвещение, 1987, 112 с.

Бабаджанов П. Б. Метеоры и их наблюдение. М.: Наука, 1987, 176 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Бронштэн В. А. Планеты и их наблюдение. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1979, 240 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Бронштэн В. А. Серебристые облака и их наблюдение. М.: Наука, 1984, 120 с. (Б-ка любителя астрономиии).

Дагаев М. М. Солнечные и лунные затмения. М.: Наука, 1978, 207 с.

Дагаев М. М. Наблюдения звездного неба. 6-е изд., доп. М.: Наука, 1988, 174 с.

Даффет-Смит П. Практическая астрономия с калькулятором: Пер. с англ. М.: Мир, 1982, 175 с.

Докучаева О. Д. Фотографические методы в астрономии. М.: Знание, 1987, 64 с.

Зигель Ф. Ю. Сокровища звездного неба: Путеводитель по созвездиям и Луне. 5-е изд. М.: Наука, 1986, 296 с.

Карта Луны: 1:10 000 000/ Науч. рук. Ю. Н. Липский, В. В. Шевченко. М.: Гл. упр. геодезии и картографии, 1985, 1 л.

Карта Луны: Видимая сторона в телескопическом изображении. М.: Наука, 1967, 1 карта, 64 с. текста.

Клепешта Й., Лукаш Л. Карта Луны. Прага, 1959. 2 л. карт, 42 с.

Колчинский И. Г., Орлов М. Л., Порх Л. З., Пугач А. Ф. Что можно увидеть на небе?: Справочник. Киев: Наукова думка, 1982, 189 с.

Марленский А. Д. Учебный звездный атлас. 3-е изд. М.: Просвещение, 1970, 32 карты.

Мартыненко В. В. Задачи и методы любительских наблюдений метеоров. М.: Наука, 1967, 70 с.

Меёс Ж. Астрономические формулы для калькуляторов: Пер. с англ. М.: Мир, 1988, 167 с.

Миннарт М. Практическая астрономия. (Практические задачи по общей астрономии.) Пер. с англ. под ред. П. Г. Куликовского. М.: Мир, 1971, 240 с.

Михайлов А. А. Звездный атлас, содержащий для обоих полушарий все звезды до 8,25 величины, с обозначением переменных и двойных звезд, звездных скоплений и туманностей. 3-е изд. Л.: Наука, 1969, 20 л. карт., 60 с.

Михайлов А. А. Атлас звездного неба: 20 карт со всеми звездами до 6,5 величины на обоих полушариях неба для равноденствия 1950,0 с приложением полного каталога всех изображенных на картах звезд и объектов. Л.: Наука, 1974, 50 с., 20 л. карт.

Михайлов А. А. Звездный атлас: Четыре карты звездного неба до 50° южного склонения, содержащие все звезды до 5,5 величины. 4-е изд., перераб. М.; Л.: Наука, 1965, 4 карты, 13 с. То же изд. в 1978, 1980 гг. загл.: Атлас звездного неба: Четыре карты...

Монтенбрук О., Пфлегер Т. Астрономия с персональным компьютером. М.: Мир, 1993, 280 с.

Практические работы по звездной астрономии. Под ред. П. Г. Куликовского. М.: Наука, 1971, 188 с.

Рей Г. Звезды: Новые очертания старых созвездий: Пер. с англ. М.: Мир, 1969, 168 с.

Сикорук Л. Л., Шпольский М. Р. Любительская астрофотогарфия. М.: Наука, 1986, 208 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Солнечные затмения и их наблюдения / Под ред. А. А. Михайлова. М.: Физматгиз, 1960, 238 с.

Степанян Н. Н. Наблюдаем Солнце. М.: Наука, 1991. (Б-ка любителя астрономии.)

Угольников О. С. Небо начала века: 2001–2012. М.: Сельянов А. Д., 2000, 320 с.

Уллерих К. Ночи у телескопа: путеводитель по звездному небу. М.: Мир, 1965, 270 с.

Фотокарта видимого полушария Луны / Научн. рук. Ю. Н. Липский. М.: Наука, 1967, 1 л.

Цесевич В. П. Переменные звезды и их наблюдение. М.: Наука, 1980, 176 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Цесевич В. П., Казанасмас М. С. Атлас поисковых карт переменных звезд. М.: Наука, 1971, 364 л., 38 с. текста.

Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе: Руководство к проведению любительских наблюдений небесных светил. 6-е изд., перераб. М.: Наука, 1984, 304 с.

Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение. М.: Наука, 1980, 160 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Шевченко В. В. Луна и ее наблюдение. М.: Наука, 1983, 191 с. (Б-ка любителя астрономии.)

Перечень астрономических изданий и каталогов (с употребительными сокращениями их названий)

А. Издания стран СНГ

АВ	Астрономичерский Вестник. Исследования Солнечной системы. Издание РАН (6 номеров в год) с 1967 г. Заменил Бюллетень ВАГО. (М.: Наука).
АЕ	Астрономический Ежегодник, изд. с 1922 в Ленинграде Вычисл. ин-том, Астрон. ин-том и Институтом теоретической астрономии АН СССР, Институтом прикладной астрономии РАН (Санкт-Петербург).
АЖ	Астрономический журнал (12 номеров в год). Изд. АН СССР/РАН с 1924 г. в Москве. До 1934 г. наз. Русский Астрон. журнал.
АК	Астрономический Календарь: Переменная часть — ежегодное издание. Изд. с 1895 г. (М.: Наука). Несколько раз издавалась Постоянная Часть АК (ПЧАК). в 1981 г. вышло 7-е издание (М.: Наука, 728 с.).
АЦ	Астрономический Циркуляр. С 1940 г. по 1994 г. издавался Бюро астрономических сообщений АН СССР/России для срочной информации об открытиях наблюдательного и теоретического характера (М.: Институт Астрономии РАН).
Зв	Звездочет — научно-популярный журнал. Выходит с 1995 г. (12 номеров в год). Предназначен для любителей астрономии, в особенности — наблюдающих. http://www.astronomy.ru
ЗиВ	Земля и Вселенная — научно-популярный журнал АГО и РАН. Выходит с 1965 г. (6 номеров в год). Предназначен в основном для любителей астрономии.
Изв. САО	Астрофизические исследования. Известия Спец. астрофиз. обсерватории РАН (станица Зеленчукская, Сев. Кавказ). Изд. с 1970 г.

КЗП	Каталог звезд, заподозренных в переменности; 1-е изд. 1951 г. (8134 звезды); 2-е изд. 1965 г. (3907 новых заподозренных звезд). Новый каталог звезд, заподозренных в переменности блеска (NSV — New Catalogue of Suspected Variable Stars), 14 810 звезд, 1982 г. Отв. ред. П. Н. Холопов (М.: Институт Астрономии РАН и ГАИШ МГУ).
КСЗ	Каталог слабых звезд. 15 690 звезд от полюса до $-30°$. ГАО РАН, Продолжение на юг проводилось специальной экспедицией ГАО в Чили.
НиЖ	Наука и жизнь — научно-популярный журнал. Выходит с 1934 г.
НиЧ	Наука и человечество — сборники, выходящие под лозунгом «Доступно и точно о главном в мировой науке»; подытоживают достижения различных наук за предыдущий год. Издание РАН и общества «Знание». Выходят с 1963 г.
ОКПЗ или GCVS	Общий каталог переменных звезд — см. п. 1.10.16 (с. 166).
ПАЖ	Письма в Астрономический журнал. Астрономия и космическая астрофизика (12 номеров в год), издаются АН СССР/РАН с 1975 г.
ПЗ	Переменные звезды — Бюллетень, издаваемый институтом астрономиии РАН. Выходит с 1928 г.
ПЧАК	Постоянная часть Астрономического календаря. 7-е изд. М.: Наука, 1981, 728 с.
РЖАстр	Реферативный журнал «Астрономия», изд. с 1953 г. Всесоюзным ин-том научной и технической информации (ВИНИТИ) РАН и Мин. науки и технологии РФ. См. также Реф. журн. «Исследование космического пространства», изд. с 1964 г.
ФКСЗ	Фундаментальный каталог 931 звезды с 7^m по 9^m для КСЗ (М.: ГАИШ, 1951; 2-е изд. — Л.: Пулково, 1957).

Б. Зарубежные издания

A&Ap	Astronomy and Astrophysics — европейский научный журнал, с 1969 г. заменил собой AAp, BAN, ZfAp, JO, BA и Arkiv for Astr. (Швеция).
AASuppl	Astronomy and Astrophysics, Supplement Series — дополнительная серия журнала A&Ap, публикующая объемные статьи с большими таблицами.
AA	Acta Astronomica — польский научный журнал (Краков — Варшава).
AAA	Astronomy and Astrophysics Abstracts. С 1969 г. заменил AJB. Издается в Гейдельберге.
AAp	Annales d'Astrophysique — французский астрофизический журнал (выходил с 1938 по 1969 гг.), см. A&Ap.
AAs	American Astr. Society — Американское Астрономическое об-во, основано в 1899 г.; издает публикации (см. PAAS).
AAVSO	American Association of Variable Stars Observers — Американская Ассоциация наблюдателей переменных звезд. http://www.aavso.org
AC	Astrographic Catalogue — Астрографический каталог (см. CdC).
ADS	New General Catalogue of Double Stars — Новый Общий Каталог двойных звезд — каталог 17 180 двойных звезд до $\delta = -30°$, составил Р. Эйкин; два тома, 1932, Вашингтон, США.
AGK1	Astronomische Gesellschaft Katalog — 15 зонных каталогов, наблюдавшихся на меридианных кругах 12 обсерваторий 6 стран; содержит 144 128 звезд до 9^m от полюса до $\delta = -2°$ (координаты 1875 г.) — опубликовано с 1890 по 1910 гг. Продолжение до $-23°$ (5 каталогов, координаты 1900 г.), опубликовано в 1904–1924 гг. Еще 4 каталога обсерватории Кордовы — продолжение AGK до $-47°$ (опубликовано в 1913–1954). Еще 5 каталогов (от $-47°$ до $-82°$) издала обсерватория Ла-Плата (1919–1947). До $-90°$ довела обсерватория Кордовы (1973).

AGK2 Фотографическое повторение AGK1, предпринятое в 1926 г. Пулковской обсерваторией, немецкими — Боннской и Бергедорфской, Йельской (США) и Капской (английская обсерватория в Южной Африке), — всего более 220 тыс. звезд. Издано в 1951–1958 гг.

AJ Astronomical Journal — Астрономический журнал, Нью-Хейвен, Коннектикут, США. Публикует работы преимущественно по классическим разделам астрономии. Издается с 1849 г.

AJB Astronomische Jahresbericht — реферативный журнал, издававшийся в Берлине—Гейдельберге с 1899 по 1969 гг. С 1969 г. его продолжением является AAA.

AN Astronomische Nachrichten — Астрономические Известия. Специальный журнал, имевший в XIX и начале XX вв. международный характер. Изд. в 1821–1831 гг. в Киле, затем в Берлине. В 2001 г. получил второе название — Astronomical Notices и Интернет-версию (www.aip.de/AN).

ApJ Astrophysical Journal — Астрофизический журнал, Чикаго, США. Публикует работы преимущественно по астрофизике и спектроскопии. Издается с 1895 г.

Aph. Sp. Sc. Astrophysics and Space Science — Астрофизика и наука о космосе. Дордрехт, Нидерланды; издается с 1968 г.

BA Bulletin Astronomique — Бюллетень Французского астрономического об-ва; посвящен классическим разделам астрономии; издавался с 1884 по 1968 гг. Парижской обсерваторией (см. A&Ap).

BAA British Astron. Association — Британская астрономическая ассоциация. Основана в 1890 г. С 1922 г. издает Ежегодник (Handbook) и журнал (см. JBAA).

BAAS Bulletin of the Amer. Astron. Soc. — Бюллетень Американского Астрономического общества.

BAC Bulletin of the Astron. Institutes of Chechoslovakia — Бюллетень астрономических институтов ЧСФР/ЧР, Прага.

BAF Bulletin de l'Association Francaise d'Observateurs d'Étoiles Variables (AFOEV) — Бюллетень французской Ассоциации наблюдателей переменных звезд, Лион, Франция.

BAN Bulletin of the Astron. Institutes of the Netherlands — Бюллетень астрономических институтов Нидерландов, Лейден, Нидерланды (выходил в 1921–1969 гг., см. A&Ap).

BD Bonner Durchmusterung — Боннское Обозрение неба — знаменитый 4-томный каталог и большой атлас 457 857 звезд от северного полюса до $-2°$, составленный Ф. Аргеландером с сотр. (Бонн, 1859–1863) и Шенфельдом (от $-1°$ до $-23°$). Полон до $9{,}5^m$. Координаты 1855 г. Продолжение на юг см. CoD. 3-е изд. Атласа — 1954, 4-е — 1966, Бонн. 24 карты от $-2°$ до $-23°$ составлены под рук. Э. Шенфельда в 1886 г. (2-е изд. — 1951, 3-е — 1966, Бонн); 28 карт от $-21°$ до $-90°$ составлены под рук. Дж. Тома и К. Перрайна (Кордова, 1929).

BDS A General Catalogue of Double Stars — Общий каталог Бёрнхема (S. Burnham) 13 665 двойных звезд. Два тома охватывают небо до $-31°$. Вашингтон, 1906 г.

BIH Bureau International de l'Heure — Международное Бюро Времени. Издает ежегодники «Connaissance des Temps». Париж.

BPM Bruce Proper Motions Survey — Обзор неба для обнаружения звезд с большими μ (96 % южного неба и > 20 % северного). Семь выпусков, В. Лёйтен, Миннесота, США, 1941–1961.

BS Catalogue of Bright Stars — Каталог 9110 ярких звезд (до $6{,}5^m$). Шлезингер, 1940, США; 3-е изд. — Д. Хоффлейт, 1965; 4-е изд. под назв. Bright Stars Catalogue (BSC) вышло в 1982 г. под ред. Д. Хоффлейт и К. Яшека.

BSAF Bulletin de la Societe Astron. de France, «L'Astronomie» — Бюллетень Французского астр. об-ва, Париж. Осн. в 1882 г. К. Фламмарионом.

BZ	Beobachtung Zirkular der AN. Выходил до 1942 г. в Киле.
CdC	Carte du Ciel. Catalogue Astrographique — «Карта неба» для астрографического каталога. Фотографический атлас неба — международное начинание, в котором приняли участие с 1887 г. 18 обсерваторий. На одинаковых, так называемых нормальных астрографах на пластинках $2^\circ \times 2^\circ$ при масштабе $60''$ в 1 мм получались все звезды до 14^m. Измерены и помещены в каталоги все звезды до 12^m. Вышло 90 % каталогов и далеко не все карты. Каталоги дают прямоугольные координаты звезд и формулы перехода к экваториальным координатам.
CoD или CD	Cordoba Durchmusterung — Кордовское Обозрение неба. 4-томное продолжение BD от -22° до -90°, составленное аргентинским астрономом Томé и др. Содержит 613 953 звезды до $9{,}5^m$. Координаты 1875 г. Аргентина, 1892–1932 гг.
C. et T.	Ciel et Terre — «Небо и Земля» — бельгийский научно-популярный журнал.
CR	Comptes Rendus Hebdomadaires. Доклады Парижской Академии наук.
CPD	Cape Photographic Durchmusterung — Капское фотографическое обозрение. Составлено Д. Гиллом и Я. Каптейном по фотографиям, полученным на Обсерватории на мысе Доброй Надежды. Три тома (1896, 1897, 1900 гг.) содержат 454 875 звезд в среднем до $9{,}2^m$ от -19° до южного полюса. Координаты 1875 г.
EBL	Bergedorfer Eigenbewegungs-Lexikon — двухтомный каталог Р. Шорра (Бергедорф, 1923); 2-е изд. 1936 г., в нем собраны все собственные движения (94 731 звезды), известные до 1935 г.
ESO	European Southern Observatory. Основана в 1962 г.
FK	Fundamentalkatalog A. Ауверса (1879) — первый фундаментальный каталог 539 звезд от полюса до -10°. Прибавление (Ауверс, 1883) содержало еще 83 звезды до -32°.
FK3	Dritter Fundamentalkatalog — Третий фундаментальный каталог 1587 звезд до 6^m. А. Копф, 1934 (опубликовано в Берлинском Ежегоднике — Berliner astr. Jahrbuch на 1937 г.).
FK4	Четвертый фундаментальный каталог — точные положения 1135 звезд до 7^m, составлен в Гейдельберге В. Фрикке и А. Копфом; вошел в 1964 г. в международное издание Apparent Places of Fundamental Stars — Видимые места фундаментальных звезд. Координаты 1959,0. FK4 Suppl. — дополнение: положения еще 1987 нефундаментальных звезд — Veröff. Astr. Inst. Heidelberg, 1963, Bd. 11.
GC	General Catalogue of Proper Motions — Общий каталог собственных движений Б. Босса. Четыре тома содержат точные положения и собственные движения 33 342 звезд всего неба. Координаты 1950 г. (Вашингтон, США, 1937).
GCπ	General Catalogue of Trigonometric Stellar Parallaxes — Общий каталог тригонометрических параллаксов 5822 звезд (Л. Дженкинс, Нью-Хейвен, США, 1952); ее же Supplement — Дополнение (1970 звезд) (там же, 1963).
GuL	Geschichte und Literature des Lichtwechsels der veränderlichen Sternen — История изучения и библиография переменных звезд. Три тома первого издания (1918–1922) Г. Мюллера и Е. Хартвига (Лейпциг) охватили 1687 переменных всего неба. Два тома второго издания Р. Прагера (1934–1939) дополняют первое издание в созвездиях Андромеды—Змееносца. В 1941 г. на Гарвардской обсерватории (США) вышел том трудов (HA. 111 S. 1–251), составленный Прагером, — библиография 3592 переменных, обозначенных в 1931–1938 гг. В 1952 и 1957 гг. в Потсдаме вышли составленные Х. Шнеллером тома III и IV второго издания. Третий том давал дополнительные данные о переменных в созвездиях Ориона—Лисички с 1916 по 1950 гг.; четвертый — данные о литературе до 1954 г. для переменных, обозначенных до 1938 г., пятый — до 1958 г.
HA	Annals of Harvard College Observatory — Труды Гарвардской обсерватории (Кембридж, Массачусетс, США).

HAC Harvard College Observatory Announcement Card — открытки со срочными сообщениями, рассылавшиеся Гарвардской обсерваторией.

HB Bulletin of the Harvard College Observatory — Бюллетень Гарвардской обсерватории.

HC Harvard College Observatory Circular — Циркуляр Гарвардской обсерватории.

HdAp Handbuch der Astrophysik — Руководство по астрофизике — многотомное фундаментальное издание, составленное видными специалистами многих стран (1928–1936), Берлин. Его отчасти заменяет HdPh — Руководство по физике, четыре тома которого посвящены астрофизике (1956–1965).

HD и HDE Henry Draper Catalogue — знаменитый спектральный Дреперовский каталог Гарвардской обсерватории (опубликован А. Кэннон и Э. Пикерингом в HA, v. 91–99, 1918–1924 гг.). Координаты 1900 г. Содержит спектральные классы 225 330 звезд. HD Extension (опубликован А. Кэннон и Э. Пикерингом в HA, 1936, v. 100 и 1937, v. 105) — каталоги еще 90 000 звездных спектров. В HA, 1949, v. 112 еще 87 000 спектров. Всего опубликована классификация 391 000 звезд. В 1938 г. А. Кэннон опубликовала «HD charts of stellar spectra» (Кембридж, Массачусетс, США).

H-GD Harvard–Groningen Durchmusterung — каталог 250 000 звезд до 16^m в SA 1–206 (Пикеринг, Каптейн, Ван Райн, 1918–1924).

HP Harvard Photometry–Гарвардская фотометрия (HA, v. 14) — первый из знаменитых фотометрических каталогов (4260 звезд, 1882 г.).

HRP или HR Harvard Revised Photometry — Ревизованный (т. е. пересмотренный и исправленный) каталог блеска 9110 звезд до $6{,}5^m$ (HA, 1908, v. 50).

IAU или UAI International Astronomical Union, Union Internationale Astronomique — Международный астрономический союз (МАС). Создан в 1919 г. Издает IAUC — Циркуляр МАС для быстрого оповещения об открытиях, «Highlights of Astronomy» — труды своих съездов (Генеральных ассамблей) с актуальными научными обзорами, а также труды тематических симпозиумов и конференций.

IC Index Catalogue (I и II) — два дополнительных каталога к основному каталогу Дрейера NGC; вышли в 1895 г. (MRAS, v. 51) и 1908 г. (MRAS, v. 59). Содержат 5386 объектов. Все три каталога переизданы в одном томе в 1953 г.

ICDS Index Catalogue of Visual Double Stars С. Уорли — Индекс-каталог ок. 60 тыс. визуально-двойных звезд (Publ. Lick. Obs., 1963, v. 21, 2 тома; 2-е изд. 1977 г. — 70 000 двойных звезд, координаты 1950,0 и 2000,0).

JBAA Journal of the British Astron. Association — Журнал Британской астрономической ассоциации.

JO Journal des Observateurs — Журнал наблюдателей, Марсель, Франция (см. A&Ap). Издавался с 1915 г.

JRASCan The Journal of the Royal Astron. Society of Canada — Журнал Канадского астр. об-ва, Торонто, Канада.

LB Landolt–Börnstein — «Числовые данные и функциональные связи (в науке и технике)». Новая серия, группа VI, том I. Астрономия и астрофизика. Изд. Шпрингер, Берлин, 1965, 711 с.; 1981–1982 гг. — новое издание в трех томах, охватывающее все разделы астрономии.

LDS Catalogue of 832 Double Stars of the South Hemisphere — «Каталог 832 двойных звезд южного полушария неба» В. Лейтена.

LOB Lick Observatory Bulletin — Бюллетень Ликской обсерватории, США.

M Catalogue des nebuleuses et amas d'étoiles — Список 103 туманностей и звездных скоплений, опубликованный в 1784 г. Ш. Мессье в Connaissance des Temps. Обозначения по этому каталогу: например, M 13.

MRAS Memoires of RAS — Труды Английского астрон. об-ва, Лондон.

MK или MKK	Обозначение звездных спектров в системе Моргана, Кинана и Келман, опубликованное в Atlas of Stellar Spectra (Чикаго, США, 1943). См. также: C. Jaschek, H. Conde, A. de Sierra. Catalogue of stellar spectra classified in the MK system. La Plata, 1964; P. Kennedy, W. Buscombe. MK spectral classification published since Jaschek's La Plata catalogue. Evanston, 1974; W. Buscombe. MK spectral classifications. Evanston, 1977, 1980–1981.
MN	Monthly Notices of the Royal Astron. Society — Ежемесячные Известия Английского астрономического об-ва, Лондон; выходят с 1827 г.
MtWC	Mount Wilson Observ. Contributions — Сообщения обсерватории Маунт Вилсон, США (большей частью это оттиски из ApJ).
NASA	National Aeronautics and Space Administration (США).
NFK	Neuer Fundamental-Katalog — Новый Фундаментальный Каталог 905 звезд и 20 близполюсных звезд для 1870 и 1900 гг. (A. Ауверс, 1907).
NGC	A New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars — Каталог 7840 туманностей и звездных скоплений, составленный Дж. Дрейером (MRAS, 1888, v. 49). Обозначение по этому каталогу: например, NGC 255. Новое издание (вместе с IC) — 13 673 объекта, 1953 г.
NLTT	New Luyten Catalogue of stars with proper motions larger than two tenths of an arcsecond. W. J. Luyten. V. 1–4. Minneapolis, 1979.
NPS	North Polar Sequence — Северный Полярный Ряд. Продолжительное время служил основным фотометрическим стандартом в звездной фотометрии (Сирс, 1922).
N30	«Каталог 5268 стандартных звезд» до $8{,}0^m$, основанный на фундаментальной системе N30. Координаты 1950 г. Х. Морган, Вашингтон, 1952. Объединил более 70 каталогов с 1915 по 1950 гг.
Obs	The Observatory — «Обсерватория», журнал Английского астрон. об-ва, Лондон; издается с 1877 г.
PA	Popular Astronomy — журнал «Популярная астрономия» (Миннесота, США). Выходил с 1893 по 1951 гг.
PAAS	Publications of the Amer. Astr. Society — Труды Американского астрон. об-ва, США. Издаются с 1910 г.
PASP	Publications of the Astr. Society of Pacific — Труды астрон. об-ва западных штатов США, Сан-Франциско. Издаются с 1889 г.
PD или PPD	Potsdamer Photometrische Durchmusterung — Потсдамский фотометрический каталог 14 199 звезд северного неба до $7{,}5^m$. 4 тома, Потсдам, Германия, 1905–1920 (Publ. A. S. Potsdam, v. 9, 13, 14, 16, 17).
PGC	Preliminary General Catalogue — Предварительный общий каталог Л. Босса, США. Содержит точные положения (координаты 1900 г.) и μ 6188 звезд всего неба, из них 4030 звезд ярче $6{,}0^m$. Вашингтон, 1910. В основе 82 каталога.
POSS	Palomar. Obs. Sky Survey — Фотограф. атлас обсерватории Маунт Паломар и Нац. географ. об-ва США — обзор неба с 48-дюймовым телескопом Шмидта. Каждая карта площадью ок. 36 кв. градусов. Всего ок. 2000 карт в синей и красной областях спектра; звезды до $20–21^m$ от северного полюса до $\delta = -42°$ (1965–1966 гг.).
PSD	Potsdam Spectraldurchmusterung (F. Becker, H. Brück) Potsdam Obs. Publ., 1931–1938, v. 88–92. Каталог спектров 66 700 звезд до 12^m в 91 южной SA, классифицированных по снимкам с объективной призмой; поля $5° \times 5°$.
RAS	Royal Astron. Society — Британское астрон. об-во, Лондон. Основано в 1822 г.
QJRAS	The Quarterly Journal of RAS — Ежеквартальник RAS. Лондон. Издается с 1960 г.
RASCan	Royal Astron. Society of Canada — Астрон. об-во Канады, Торонто, Канада. Основано в 1890 г.

ROB	Royal Observatories Bulletin — Бюллетень английских обсерваторий. Издается с 1958 г.
SA	Selected Areas — Избранные площадки Каптейна — план всестороннего исследования неба в 252 небольших площадках, равномерно распределенных по всему небу. Каталог 67 941 звезды (до $18{,}6^m$) в SA 1–139 от $+90°$ до $-15°$. Издан обсерваторией Маунт Вилсон в 1930 г. См. Тр. ГАИШ. 1970. т. 40. С. 106–161; Шаров А. С. и Якимова Н. Н. Перечень ок. 450 фотометрических стандартов по 598 источникам.
SAO SC	Smithsonian Astrophys. Obs. Star Catalogue — Звездный Каталог Смитсонианской Астрофизической обсерватории, Вашингтон, 1966; 4 тома дают положения и μ 258 997 звезд до $9{,}0^m$ всего неба (координаты 1950,0), система FK4. В 1969 г. к нему издан Атлас (13 с. + 152 карты), показывающий все звезды примерно до $9{,}0^m$ (кроме 2000 звезд вблизи южного полюса) и туманности и галактики примерно до 13^m.
SDS	Southern Double Stars — Каталог (4 тома) южных двойных звезд. Издан под руководством Р. Иннеса в 1927 г. в Иоганнесбурге.
S&T	Sky and Telescope — «Небо и Телескоп» — американский научно-популярный журнал высокого уровня. Гарвардская обсерватория. Начал выходить с 1941 г. в итоге слияния журналов «Sky» и «Telescope».
Trans IAU	Transactions of the IAU — Труды съездов МАС.
TRC	Two micron Sky Survey (Г. Нейгебауэр, Р. Лейтон) — Звездное обозрение на длине волны 2,2 мкм (предварительный каталог). Координаты 1950,0. 5612 звезд ярче $K = 3{,}0^m$, наблюдения 1965–1968 гг. от $+81°$ до $-33°$. Указаны также величины V и спектры. Приведены номера по BS=HR, GC, BD и ОКПЗ.
UAIC	Circulaire de l'Union Astronomique Internationale — Циркуляр, издаваемый Бюро срочных сообщений МАС.
W или GCVr	General Catalogue of Stellar Radial Velocities — Общий каталог лучевых скоростей звезд — Каталог 15 106 звезд, составленный Р. Вилсоном, Вашингтон, США, 1953 г. См. также H. A. Abt, E. S. Bigges. Bibliography of stellar radial velocities. N. Y., 1972. (44 тыс. V_r для 25 тыс. звезд).
ZfAp	Zeitschrift für Astrophysik — Немецкий Астрофизический журнал, Берлин (выходил с 1930 по 1969 г.; см. A&Ap).
ZC	Catalogue of 3539 Zodiacal Stars — Каталог 3539 звезд зодиакального пояса, изд. под рук. Дж. Робертсона в 1940 г., координаты 1950,0.

Некоторые ресурсы Астро-Интернет

Навигация в астрономическом Интернете

Богданов М. Б. Использование ресурсов сети Интернет при изучении астрономии. Нижний Архыз: КИИЦ «CYGNUS», 2001: heritage.sai.msu.ru/Bogdanov.html

Адреса астроресурсов (AstroWeb): fits.cv.nrao.edu/www/astronomy.html (или: www.stsci.edu/science/net-resources.html)

Адреса обсерваторий и астрономических факультетов: www.ast.cam.ac.uk/astroweb/yp_dept.html

Научные институты

Главная астрономическая обсерватория РАН (Пулковская, С.-Петербург): www.gao.spb.ru

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга (ГАИШ МГУ, Москва): www.sai.msu.su (или lnfm1.sai.msu.ru)

Институт астрономии РАН (ИНАСАН, Москва): www.inasan.rssi.ru

Институт космических исследований РАН (ИКИ, Москва): www.iki.rssi.ru

Астрономический институт им. В. В. Соболева и астрономическое отделение Санкт-Петербургского университета: www.astro.spbu.ru/astro/win/index.html

Институт прикладной астрономии РАН (ИПА, С.-Петербург): www.ipa.nw.ru
Астрокосмический центр Физического института РАН (АКЦ ФИАН, Москва): www.asc.rssi.ru
Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН, г. Троицк, Московская обл.): helios.izmiran.rssi.ru
Институт Космического телескопа (Space Science Institute, USA): www.stsci.edu
Гарвард-Смитсоновский центр астрофизики (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, USA): cfa-www.harvard.edu/cfa-home.html

Астрономические общества

Международный астрономический союз (MAC/IAU): www.iau.org
Американское астрономическое общество (AAS): www.aas.org
Европейское астрономическое общество (EAO/EAS): www.iap.fr/eas/index.html
Евро-Азиатское астрономическое общество (EAAO/EAAS): www.issp.ac.ru/astro/eaas/
Астрономическая страничка Европейского космического агентства: astro.estec.esa.nl
Американская ассоциация наблюдателей переменных звезд: www.aavso.org

Обсерватории

Европейская южная обсерватория (ESO): www.eso.org
Специальная астрофизическая обсерватория (САО) РАН: www.sao.ru
Национальная обсерватория США (Kitt Peak Nat. Obs.): www.noao.edu/kpno/kpno.html
Солнечная обсерватория в Сокраменто: www.sunspot.noao.edu
Ликская обсерватория, Калифорния: www.ucolick.org
Йеркская обсерватория, Чикаго: astro.uchicago.edu/yerkes/
Обсерватория Кек, Гавайи: astro.caltech.edu/mirror/keck/index.html
Японский национальный телескоп Субару, Гавайи: www.subaru.naoj.org
Обсерватория Джемини: www.gemini.edu

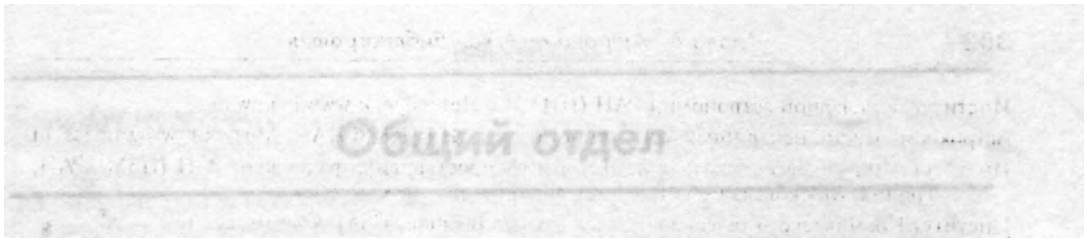
Данные по Солнечной системе. Эфемериды планет, астероидов

Морская обсерватория США (U. S. Naval Observatory): aa.usno.navy.mil/AA/
Морской альманах (H. M. Nautical Almanac Office): www.nao.rl.ac.uk/nao/
Астрономический календарь (The Astronomer's Diary): www.nao.rl.ac.uk/asd/

Научные новости, литература, энциклопедии

Информационный сайт астрономов: www.astronet.ru
Журнал «Звездочет»: www.astronomy.ru
Пресс-релиз Южной европейской обсерватории: www.eso.org/outreach/press-rel
Циркуляр MAC: cfa-www.harvard.edu/iauc/RecentIAUCs.html
Научная сеть: www.nature.ru
Библиография астрономических публикаций: adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
Поиск внеземных цивилизаций: www.seti-inst.edu
Энциклопедия «Кругосвет»: www.krugosvet.ru
БСЭ и другие энциклопедии: www.rubricon.ru
Энциклопедия «Кирилл и Мефодий»: megabook.ru
Поиск в энциклопедиях с помощью системы Яндекс: encycl.yandex.ru

ТАБЛИЦЫ


Общий отдел

Общий отдел

Таблица 1

Астрономические знаки, обозначения и сокращения

☉	Солнце, а также Воскресенье	υ	первая четверть
☾	Луна, » Понедельник	☾	последняя четверть
♂	Марс, » Вторник	α или RA	прямое восхождение
☿	Меркурий, » Среда	δ или Dec	склонение
♃	Юпитер, » Четверг	λ	эклиптическая долгота
♀	Венера, » Пятница	β	эклиптическая широта
♄	Сатурн, » Суббота	φ	географическая широта
⊕	Земля	z	зенитное расстояние
♅	Уран	a	год
♆	Нептун	d	сутки
♇	Плутон	h m s	час, минута, секунда времени
*	звезда	A	азимут
☄	комета	μ	собственное движение
☄	метеор	l или L	галактическая долгота
☄	телескопический метеор	b или B	галактическая широта
☄	болид	p или π	годичный параллакс
⑧⑥	астероид № 86	V_r	лучевая скорость
Var	переменная звезда	h	высота светила над горизонтом, а также высота наблюдателя
☊	восходящий узел орбиты		
☋	нисходящий узел орбиты	t	часовой угол светила
☌	соединение (разность геоцентрических долгот 0°)	s	звездное время
		ИК	инфракрасное излучение
☍	противостояние (разность долгот 180°)	УФ	ультрафиолетовое излучение
		X	рентгеновское излучение
□	квадратура (разность долгот 90°)	γ	γ-излучение
●	новолуние	КЛ	космические лучи
○	полнолуние		

	Знаки Зодиака	*Геоцентр. долготы*		*Знаки Зодиака*	*Геоцентр. долготы*
♈	Aries, Овен, а также точка весеннего равноденствия, которая теперь находится в созвездии Рыб	0°–30°	♎	Libra, Весы, а также точка осеннего равноденствия, которая теперь находится в созвездии Девы	180°–210°
♉	Taurus, Телец	30–60	♏	Scorpius, Скорпион	210–240
♊	Gemini, Близнецы	60–90	♐	Sagittarius, Стрелец	240–270
♋	Cancer, Рак	90–120	♑	Capricornus, Козерог	270–300
♌	Leo, Лев	120–150	♒	Aquarius, Водолей	300–330
♍	Virgo, Дева	150–180	♓	Pisces, Рыбы	330–360

Продолжение таблицы 1

N	Север	*NE*	северо-восток
S	Юг	*SE*	юго-восток
E	Восток	*NW*	северо-запад
W	Запад	*SW*	юго-запад

Таблица 2

Греческий и латинский алфавиты

Греческий алфавит

A,	α	альфа	I,	ι	йота	P,	ρ ро
B,	β	бэта	K,	$\varkappa$	каппа	Σ,	σ, ς сигма
Γ,	γ	гамма	Λ,	λ	ламбда	T,	τ тау
Δ,	δ	дельта	M,	μ	ми	Υ,	υ ипсилон
E,	ϵ	эпсилон	N,	ν	ни	Φ,	φ фи
Z,	ζ	дзета	Ξ,	ξ	кси	X,	χ хи
H,	η	эта	O,	o	омикрон	Ψ,	ψ пси
Θ,	ϑ, θ	тэта	Π,	π	пи	Ω,	ω омега

Латинский алфавит

A,	a	а	J,	j	йот (жи)	S,	s эс
B,	b	бэ	K,	k	ка	T,	t тэ
C,	c	цэ	L,	l	эль	U,	u у
D,	d	дэ	M,	m	эм	V,	v вэ
E,	e	э	N,	n	эн	(W,	w дубль-вэ)
F,	f	эф	O,	o	о	X,	x икс
G,	g	гэ (же)	P,	p	пэ	Y,	y ипсилон
H,	h	ха (аш)	Q,	q	ку		(игрек)
I,	i	и	R,	r	эр	Z,	z зета (зэт)

В скобках указаны часто употребляемые французские названия, а также буква W, которой нет в классическом латинском алфавите.

Таблица 3

Единицы длины

1 метр (м) = длина пути, проходимого светом в вакууме за время 1/299 792 458 с (при этом 1 с = 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133)

1 дециметр (дм) = 0,1 м = 10 см = 100 мм

1 сантиметр (см) = 10^{-2} м = 10 мм

1 миллиметр (мм) = 10^{-3} м = 1 000 микрометров (мкм) = 10^{7} ангстрем (Å)

1 микрометр (мкм, μm) = 0,001 мм = 10^{-4} см = 10^{-6} м = 10^{4} Å

Продолжение таблицы 3

1 ангстрем (Å) = 10^{-8} см = 0,0001 мкм = 10^{-7} мм = 10^{-10} м
1 километр (км) = 1 000 м = 10^5 см
1 верста = 500 сажен = 1,06680 км
1 сажень = 3 аршина = 2,13356 м = 7 англ. футов
1 аршин = 16 вершков = 0,7112 м
1 вершок = 4,44500 см
1 русская линия = 0,1 дюйма = 2,54 мм
1 географическая миля = 7,4207 км
1 морская миля = 1,8522 км (соответствует 1′ дуги меридиана)
1 англ. миля = 5 280 футов = 1,609 344 км (статутная миля)
1 англ. фут = 12 дюймов = 30,4800 см
1 англ. дюйм («универсальный») = 2,540 см
1 англ. ярд = 3 фута = 91,44 см
1 астрономическая единица (а. е.) = 149 597 870 км
Свет проходит 1 а. е. за 499,004 782 с = 8,317 мин = 0,005 776 сут
1 световой год, св. год = $9,46053 \cdot 10^{15}$ м = 0,3066 пк
1 парсек (пк) = $3,0857 \cdot 10^{16}$ м = 206 265 а. е. = 3,262 св. года
1 килопарсек (кпк) = 1000 пк
1 мегапарсек (Мпк) = 1000 000 пк

Соотношения единиц для перевода в СИ

1 Å = 10^{-1} нм = 10^{-4} мкм = 10^{-8} см = 10^{-10} м
1 г/см^3 = 10^{-3} кг/м^3 = 1 т/м^3
1 дина = 10^{-5} Н = $1,01972 \cdot 10^{-6}$ кгс (килограмм-сила)
1 атм = $1,01 \cdot 10^5$ Па = $1,01 \cdot 10^6$ дин/см^2 = 1,03 кгс/см^2
1 эрг = 10^{-7} Дж = $2,39 \cdot 10^{-8}$ кал = $6,24 \cdot 10^{11}$ эВ

Таблица 4

Некоторые математические величины

В окружности 360° = 21 600′ = 1 296 000″
Отношение длины окружности к ее диаметру π = 3,141 592 653 589 793 ...
lg π = 0,497 149 873 ...
Основание натуральных логарифмов e = 2,718 281 828 45 ...
M = Mod = lg e = 0,434 294 482 ... $1/M$ = ln 10 = 2,302 585 0930 ...
1 радиан (рад) = $180°/\pi$ = 57,295 779 5131° = 57°17′44,80625″ = 3437,746 770 78′ = = 206 264,806 247″

1° = 0,017 453 2925 рад	sin 1° = 0,017 452 406 44
1′ = 0,000 290 8882 рад	sin 1′ = 0,000 290 888 20
1″ = 0,000 004 848 137 рад	sin 1″ = 0,000 004 848 137
1^h = 15° = 0,261 7994 рад	
1^m = 15′ = 0,004 363 323 рад	
1^s = 15″ = 0,000 072 722 05 рад	

Единица телесного угла (*стерадиан*) 1 ср = $(180°/\pi)^2$ = 3282,806 кв. градуса (например, круговой конус с плоским углом при вершине в 65,5°)
Площадь сферы = 4π ср = 41 252,961 кв. град. = $1,4851 \cdot 10^8$ кв. угл. мин. = $5,3464 \cdot 10^{11}$ кв. угл. сек.

Таблица 5

Некоторые физические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6{,}672 \cdot 10^{-11}$ м$^3 \cdot$ кг$^{-1} \cdot$ с$^{-2}$

Ускорение свободного падения на широте 45° (абсолютное) $g_{45°} = 9{,}80616$ м/с^2

Нормальное ускорение (принятое для барометрических расчетов) $g_n = 9{,}80665$ м/с^2 = 980 665 мгал (1 гал = 1 см/с^2)

Постоянная Авогадро (число молекул на моль) $N_A = 6{,}022\,136\,7(36) \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$

Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}314\,510(70)$ Дж $\cdot$ моль$^{-1} \cdot$ K^{-1}

Скорость света в вакууме $c = 299\,792\,458$ м/с

Электронвольт (eV или эВ), энергия, приобретаемая электроном при его ускорении разностью электрического потенциала в 1 В: 1 эВ = $1{,}602\,177\,33(49) \cdot 10^{-19}$ Дж

Скорость электрона, соответствующая 1 эВ = 593 км/с

Постоянная Больцмана $k = R/N_A = 1{,}380\,658(12) \cdot 10^{-23}$ Дж/K

Постоянная Планка $h = 6{,}626\,075\,5(40) \cdot 10^{-34}$ Дж $\cdot$ с; $\hbar = h/2\pi = 1{,}054\,573 \cdot 10^{-34}$ Дж $\cdot$ с

Элементарный заряд $e = 1{,}602\,177\,39(49) \cdot 10^{-19}$ Кл

Масса электрона $m_e = 9{,}109\,389\,7(54) \cdot 10^{-31}$ кг

Масса протона $m_p = 1{,}672\,623\,1(10) \cdot 10^{-27}$ кг

$m_p/m_e = 1\,836{,}152\,701(37)$

Постоянная Стефана—Больцмана $\sigma = 5{,}670\,51(19) \cdot 10^{-8}$ Вт $\cdot$ м$^{-2} \cdot$ K^{-4}

Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м (точно)

Постоянная закона смещения Вина $A = 0{,}289\,779$ см $\cdot$ K

Давление в 1 атм (атмосфера стандартная) = 101 325 Па (точно)

1 калория = 4,1868 Дж

Абсолютный нуль 0 K = −273,15 °C

(Число в скобках после числового значения величины соответствует стандартному отклонению этого значения для последних указанных значащих цифр.)

Таблица 6

Химические элементы

Массы атомов приведены в *атомных единицах массы* (а. е. м.), равных 1/12 массы атома углерода ^{12}C, что в единицах СИ составляет $1{,}6605655(86) \cdot 10^{-27}$ кг (на 1980 г.). До 1961 г. в физике за а. е. м. принимали 1/16 массы атома кислорода ^{16}O, т. е. $1{,}65976 \cdot 10^{-27}$ кг, а в химии — 1/16 средней атомной массы природной (атмосферной) смеси изотопов кислорода (99,759 % ^{16}O, 0,037 % ^{17}O и 0,204 % ^{18}O). Химическая а. е. м. была в 1,000275 раза больше физической и равнялась $1{,}66022 \cdot 10^{-27}$ кг. Современная (унифицированная) а. е. м. равна 1,00048 прежней физической а. е. м. Общее число известных сейчас элементов и их изотопов более 1 500.

Указан потенциал однократной ионизации основного изотопа. (По данным справочника «Физические величины». М.: Энергоатомиздат, 1991 и «Сов. Энцикл. Словаря», 4-е изд. 1986.)

Русское название	Латинское название	Символ	Атомный номер	Атомная масса, а. е. м.	Ионизац. потенц., эВ	Космическое обилие lg N
Водород	Hydrogenium	H	1	1,00794	13,5985	12,00
Гелий	Helium	He	2	4,002602	24,5876	10,93
Литий	Lithium	Li	3	6,941	5,3918	0,7

Продолжение таблицы 6

Русское название	Латинское название	Символ	Атомный номер	Атомная масса, а. е. м.	Ионизац. потенц., эВ	Космическое обилие lg N
Бериллий	Beryllium	Be	4	9,01218	9,3227	1,1
Бор	Borum	B	5	10,811	8,2981	2,88
Углерод	Carboneum	C	6	12,0111	11,260	8,52
Азот	Nitrogenium	N	7	14,0067	14,53414	7,96
Кислород	Oxygenium	O	8	15,9994	13,618	8,82
Фтор	Fluorum	F	9	18,998403	17,423	4,6
Неон	Neon	Ne	10	20,179	21,565	7,92
Натрий	Natrium	Na	11	22,98977	5,13907	6,25
Магний	Magnesium	Mg	12	24,305	7,6463	7,42
Алюминий	Aluminium	Al	13	26,98154	5,9858	6,39
Кремний	Silicium	Si	14	28,0855	8,1517	7,52
Фосфор	Phosphorus	P	15	30,97376	10,4868	5,52
Сера	Sulfur	S	16	32,066	10,360	7,20
Хлор	Chlorum	Cl	17	35,453	12,968	5,6
Аргон	Argon	Ar	18	39,948	15,760	6,8
Калий	Kalium	K	19	39,0983	4,3407	4,95
Кальций	Calcium	Ca	20	40,078	6,1132	6,30
Скандий	Scandium	Sc	21	44,95591	6,5615	3,22
Титан	Titanium	Ti	22	47,88	6,82	5,13
Ванадий	Vanadium	V	23	50,9415	6,74	4,40
Хром	Chromium	Cr	24	51,9961	6,766	5,85
Марганец	Manganum	Mn	25	54,9380	7,43402	5,40
Железо	Ferrum	Fe	26	55,847	7,9024	7,60
Кобальт	Cobaltum	Co	27	58,9332	7,86	5,1
Никель	Niccolum	Ni	28	58,69	7,637	6,30
Медь	Cuprum	Cu	29	63,546	7,7264	4,5
Цинк	Zincum	Zn	30	65,39	9,3943	4,2
Галлий	Gallium	Ga	31	69,723	5,9993	2,4
Германий	Germanium	Ge	32	72,59	7,8995	2,9
Мышьяк	Arsenicum	As	33	74,9216	9,789	2,3
Селен	Selenium	Se	34	78,96	9,752	3,2
Бром	Bromum	Br	35	79,904	11,814	2,6
Криптон	Krypton	Kr	36	83,80	13,9997	3,2
Рубидий	Rubidium	Rb	37	85,4678	4,17717	2,4
Стронций	Strontium	Sr	38	87,62	5,69490	2,85
Иттрий	Yttrium	Y	39	88,9058	6,217	1,8
Цирконий	Zirconium	Zr	40	91,224	6,634	2,5
Ниобий	Niobium	Nb	41	92,9064	6,759	2,0
Молибден	Molybdaenium	Mo	42	95,94	7,0924	1,92
Технеций	Technetium	Tc	43	98,9062	7,28	—

Продолжение таблицы 6

Русское название	Латинское название	Символ	Атомный номер	Атомная масса, а. е. м.	Ионизац. потенц., эВ	Космическое обилие lg N
Рутений	Ruthenium	Ru	44	101,07	7,366	1,60
Родий	Rhodium	Rh	45	102,9055	7,46	1,2
Палладий	Palladium	Pd	46	106,42	8,336	1,45
Серебро	Argentum	Ag	47	107,8682	7,5763	0,80
Кадмий	Cadmium	Cd	48	112,41	8,9939	1,8
Индий	Indium	In	49	114,82	5,7864	1,4
Олово	Stannum	Sn	50	118,710	7,3440	1,5
Сурьма	Stibium	Sb	51	121,75	8,6084	1,0
Теллур	Tellurium	Te	52	121,60	9,010	2,0
Иод	Iodum	I	53	126,9045	10,451	1,4
Ксенон	Xenon	Xe	54	131,29	12,1299	2,0
Цезий	Caesium	Cs	55	132,9054	3,89391	1,1
Барий	Barium	Ba	56	137,33	5,21166	1,95
Лантан	Lanthanum	La	57	138,9055	5,577	1,6
Церий	Cerium	Ce	58	140,12	5,539	1,80
Празеодим	Praseodymium	Pr	59	140,9077	5,47	1,40
Неодим	Neodymium	Nd	60	144,24	5,525	1,78
Прометий	Promethium	Pm	61	144,9128	5,58	—
Самарий	Samarium	Sm	62	150,36	5,644	1,45
Европий	Europium	Eu	63	151,96	5,6704	0,75
Гадолиний	Gadolinium	Gd	64	157,25	6,150	1,08
Тербий	Terbium	Tb	65	158,9254	5,864	0,3
Диспрозий	Dysprosium	Dy	66	162,50	5,939	1,08
Гольмий	Holmium	Ho	67	164,9304	6,022	0,5
Эрбий	Erbium	Er	68	167,26	6,108	0,82
Тулий	Thulium	Tm	69	168,9342	6,184	0,3
Иттербий	Ytterbium	Yb	70	173,04	6,254	1,2
Лютеций	Lutetium	Lu	71	174,967	5,426	0,6
Гафний	Hafnium	Hf	72	178,49	6,8	0,8
Тантал	Tantalum	Ta	73	180,9479	7,89	0,3
Вольфрам	Wolframium	W	74	183,85	7,98	1,0
Рений	Rhenium	Re	75	186,207	7,88	0,0
Осмий	Osmium	Os	76	190,2	8,73	0,9
Иридий	Iridium	Ir	77	192,22	9,05	0,8
Платина	Platinum	Pt	78	195,08	8,96	1,9
Золото	Aurum	Au	79	196,9665	9,2256	0,60
Ртуть	Hydrargyrum	Hg	80	200,59	10,4376	0,9
Таллий	Thallium	Tl	81	204,383	6,1083	0,2
Свинец	Plumbum	Pb	82	207,2	7,4167	1,78
Висмут	Bismuthum	Bi	83	208,9804	7,2853	0,7

Продолжение таблицы 6

Русское название	Латинское название	Символ	Атомный номер	Атомная масса, а. е. м.	Ионизац. потенц., эВ	Космическое обилие lg N
Полоний	Polonium	Po	84	208,9824	8,4168	—
Астат	Astatium	At	85	209,6987	9,0	—
Радон	Radonum	Rn	86	222,0176	10,75	—
Франций	Francium	Fr	87	223,0197	4,073	—
Радий	Radium	Ra	88	226,0254	5,2785	—
Актиний	Actinium	Ac	89	227,0278	5,2	—
Торий	Thorium	Th	90	232,0381	6,1	0,7
Протактиний	Protactinium	Pa	91	231,0359	6,0	—
Уран	Uranium	U	92	238,0289	6,194	0,0
Нептуний	Neptunium	Np	93	237,0482	6,266	—
Плутоний	Plutonium	Pu	94	244,0642	6,06	—
Америций	Americium	Am	95	243,0614	6,0	—
Кюрий	Curium	Cm	96	247,0703	6,02	—
Берклий	Berkelium	Bk	97	247,0703	6,23	—
Калифорний	Californium	Cf	98	251,0796	6,30	—
Эйнштейний	Einsteinium	Es	99	252,0828	6,42	—
Фермий	Fermium	Fm	100	257,0951	6,5	—
Менделевий	Mendelevium	Md	101	258,0986	6,6	—
Нобелий	Nobelium	No	102	259,1009	6,6	—
Лоуренсий	Laurencium	Lr	103	260,1054	—	—
Резерфордий	Rutherfordium	Rf	104	[257]	—	—
Дубний	Dubnium	Db	105	[260]	—	—
Сиборгий	Seaborgium	Sg	106	[263]	—	—
Борий	Bohrium	Bh	107	[262]	—	—
Хасий	Hassium	Hs	108	[265]	—	—
Мейтнерий	Meitnerium	Mt	109	[266]	—	—

*) Космическое обилие (т. е. распространенность) элементов относится к ближайшей части Галактики (по данным справочника К. Аллера «Астрофизические величины». М.: Мир, 1977). Однако даже вблизи Солнца встречаются звезды с аномальным содержанием различных элементов.

**) 14 элементов (металлов) с 58 по 71 относятся к лантаноидам; входят в группу редкоземельных элементов.

***) 14 радиоактивных элементов с 90 по 103 относятся к актиноидам; большинство получено искусственно в результате ядерных реакций. Элементы, расположенные после урана, называют трансурановыми.

****) Названия элементов 104–107 в указанном в таблице виде были приняты в 1997 г. Прежде использовались варианты: 104 — Курчатовий (Kurchatovium, Ku) или Дубний, 105 — Ганний (Hahnium, Ha) или Жолиотий, 108 — Ганний.

*****) Уже обнаружены (но не названы) элементы с номерами 110, 111, 112. Атомный вес последнего 277.

[ ] — наиболее устойчивый изотоп.

Таблица 7

Распределение электронов в атомах различных элементов

Элемент	K	L	M	N	Элемент	K	L	M	N	O	Элемент	K	L	M	N	O	P	Элемент	K	L	M	N	O	P	Q
H	1				Co	2	8	15	2		I	2	8	18	18	7		Au	2	8	18	32	18	1	
He	2				Ni	2	8	16	2		Xe	2	8	18	18	8		Hg	2	8	18	32	18	2	
Li	2	1			Cu	2	8	18	1		Cs	2	8	18	18	8	1	Tl	2	8	18	32	18	3	
Be	2	2			Zn	2	8	18	2		Ba	2	8	18	18	8	2	Pb	2	8	18	32	18	4	
B	2	3			Ga	2	8	18	3		La	2	8	18	18	9	2	Bi	2	8	18	32	18	5	
C	2	4			Ge	2	8	18	4		Ce	2	8	18	20	8	2	Po	2	8	18	32	18	6	
N	2	5			As	2	8	18	5		Pr	2	8	18	21	8	2	At	2	8	18	32	18	7	
O	2	6			Se	2	8	18	6		Nd	2	8	18	22	8	2	Rn	2	8	18	32	18	8	
F	2	7			Br	2	8	18	7		Pm	2	8	18	23	8	2	Fr	2	8	18	32	18	8	1
Ne	2	8			Kr	2	8	18	8		Sm	2	8	18	24	8	2	Ra	2	8	18	32	18	8	2
Na	2	8	1		Rb	2	8	18	8	1	Eu	2	8	18	25	8	2	Ac	2	8	18	32	18	9	2
Mg	2	8	2		Sr	2	8	18	8	2	Gd	2	8	18	26	9	2	Th	2	8	18	32	18	10	2
Al	2	8	3		Y	2	8	18	9	2	Tb	2	8	18	27	8	2	Pa	2	8	18	32	20	9	2
Si	2	8	4		Zr	2	8	18	10	2	Dy	2	8	18	28	8	2	U	2	8	18	32	21	9	2
P	2	8	5		Nb	2	8	18	12	1	Ho	2	8	18	29	8	2	Np	2	8	18	32	23	8	2
S	2	8	6		Mo	2	8	18	13	1	Er	2	8	18	30	8	2	Pu	2	8	18	32	24	8	2
Cl	2	8	7		Tc	2	8	18	13	2	Tm	2	8	18	31	8	2	Am	2	8	18	32	25	8	2
Ar	2	8	8		Ru	2	8	18	15	1	Yb	2	8	18	32	8	2	Cm	2	8	18	32	25	9	2
K	2	8	8	1	Rh	2	8	18	16	1	Lu	2	8	18	32	9	2	Bk	2	8	18	32	27	8	2
Ca	2	8	8	2	Pd	2	8	18	18	0	Hf	2	8	18	32	10	2	Cf	2	8	18	32	28	8	2
Sc	2	8	9	2	Ag	2	8	18	18	1	Ta	2	8	18	32	11	2	Es	2	8	18	32	29	8	2
Ti	2	8	10	2	Cd	2	8	18	18	2	W	2	8	18	32	12	2	Fm	2	8	18	32	30	8	2
V	2	8	11	2	In	2	8	18	18	2	Re	2	8	18	32	13	2	Md	2	8	18	32	31	8	2
Cr	2	8	13	1	Sn	2	8	18	18	4	Os	2	8	18	32	14	2	No	2	8	18	32	32	8	2
Mn	2	8	13	2	Sb	2	8	18	18	5	Ir	2	8	18	32	15	2	Lr	2	8	18	32	32	9	2
Fe	2	8	14	2	Te	2	8	18	18	6	Pt	2	8	18	32	17	1	Rf	2	8	18	32	32	10	2
Co	2	8	15	2	I	2	8	18	18	7	Au	2	8	18	32	18	1	Db	2	8	18	32	32	11	2

Таблица 8

Алфавитный перечень русских названий химических элементов

Название	Знак	№	Комментарий
Азот	N	7	греч. a — отрицательная частица, zoe — жизнь
Актиний	Ac	89	греч. aktis — луч (элемент радиоактивен)
Алюминий	Al	13	лат. alumen — квасцы
Америций	Am	95	назван по месту открытия (Америка)
Аргон	Ar	18	греч. argos — недеятельный (инертный газ)
Астат	At	85	греч. astatos — неустойчивый
Барий	Ba	56	греч. barys — тяжелый
Бериллий	Be	4	по минералу берилл
Берклий	Bk	97	по месту открытия (г. Беркли)
Бор	B	5	позднелат. borax — бура
Борий	Bh	107	в честь датского физика Н. Бора

Продолжение таблицы 8

Название	Знак	№	Комментарий
Бром	Br	35	греч. bromos — зловоние; ядовит
Ванадий	V	23	по древнескандинавской богине красоты Ванадие
Висмут	Bi	83	по минералам висмут самородный и висмутин
Водород	H	1	входит в состав воды; имеет два стабильных изотопа — протий и дейтерий и один радиоактивный — тритий
Вольфрам	W	74	по минералу вольфрамит
Гадолиний	Gd	64	в честь Ю. Гадолина — финского химика
Галлий	Ga	31	древнее название Франции — Галлия
Ганий	Hn	108	в честь немецкого радиохимика и физика О. Гана
Гафний	Hf	72	древнее название столицы Дании
Гелий	He	2	греч. helios — Солнце (впервые был открыт на Солнце)
Германий	Ge	32	в честь места открытия — Германии
Гольмий	Ho	67	лат. Holmia — название г. Стокгольма
Диспрозий	Dy	66	греч. dysprositos — труднодоступный
Дубний	Db	104	в честь г. Дубна, Моск. обл. (научный центр)
Европий	Eu	63	в честь Европы
Железо	Fe	26	по распространенности стоит на четвертом месте
Жолиотий	Jl	105	в честь французского физика Ф. Жолио-Кюри
Золото	Au	79	первый из использованных человеком металлов
Индий	In	49	по синей (цвета индиго) линии его спектра
Йод	I	53	греч. Iodes — фиолетовый (цвет паров)
Иридий	Ir	77	греч. iris — радуга
Иттербий	Yb	70	в р-не Иттерби (Швеция) были найдены многие редкоземельные руды
Иттрий	Y	39	см. Иттербий
Кадмий	Cd	48	греч. Kadmeia — цинковая руда
Калий	K	19	арабск. аль-кали (зола растений) — поташ
Калифорний	Cf	98	получен искусственно в шт. Калифорния (США)
Кальций	Ca	20	от лат. calx род. падеж calcis — известь
Кислород	O	8	самый распространенный на Земле элемент; в свободном состоянии встречается в двух модификациях: O_2 — «обычный К.» и O_3 — озон; оба очень существенны для жизни на Земле
Кобальт	Co	27	от нем. слова kobold — домовой гном
Кремний	Si	14	греч. kremnos — утес, скала; входит в состав многих горных пород
Криптон	Kr	36	греч. kryptos — скрытый
Ксенон	Xe	54	греч. xenos — чужой (открыт как примесь к криптону)
Кюрий	Cm	96	получен искусственно; назван в честь французских физиков П. Кюри и М. Склодовской-Кюри
Лантан	La	57	греч. lanthano — скрываюсь (его трудно получать)
Литий	Li	3	греч. lithos — камень, минерал
Лоуренсий	Lr	103	получен искусственно; назван в честь амер. физика Э. Лоуренса
Лютеций	Lu	71	Лютеция — древнее поселение парижиев (теперь там Париж)

Продолжение таблицы 8

Название	Знак	№	Комментарий
Магний	Mg	12	греч. Magnesia — древний город в Малой Азии
Марганец	Mn	25	нем. manganerz — марганцевая руда
Медь	Cu	29	лат. название Cuprum или Cyprium; от о. Кипр
Мейтнерий	Mt	109	в честь австрийского химика и физика Лизе Мейтнер
Менделевий	Md	101	назван в честь русского химика Д. И. Менделеева
Молибден	Mo	42	греч. molybdos — свинец
Мышьяк	As	33	русское название от слова «мышь» (применялся для истребления мышей и крыс)
Натрий	Na	11	арабск. натрун — природная сода
Неодим	Nd	60	греч. neos — новый и didymos — близнец (празеодима)
Неон	Ne	10	греч. neos — новый
Нептуний	Np	93	получен искусственно; название от планеты Нептун
Никель	Ni	28	нем. Nickel — горный дух
Ниобий	Nb	41	по имени дочери Тантала — Ниобы
Нобелий	No	102	получен искусственно; назван в честь А. Б. Нобеля
Олово	Sn	50	один из первых известных металлов
Осьмий	Os	76	греч. osme — запах (по резкому запаху оксида OsO_4)
Палладий	Pd	46	назван по астероиду Паллада (в свою очередь названному по одному из эпитетов богини Афины)
Платина	Pt	78	исп. platina — уменьшит. от plata — серебро
Плутоний	Pu	94	название от планеты Плутон (в свою очередь названной в честь бога Плутона — греч. Аида)
Полоний	Po	84	лат. Polonia — Польша
Празеодим	Pr	59	см. Неодим
Прометий	Pm	61	мифологич. герой Прометей
Протактиний	Pa	91	от греч. protos — первый и элемента актиния
Радий	Ra	88	лат. radius — луч
Радон	Rn	86	получается при распаде радия (отсюда назв.)
Резерфордий	Rf	106	в честь англ. физика Э. Резерфорда
Рений	Re	75	лат. Rhenius — р. Рейн (открыт в Германии)
Родий	Rh	45	греч. rhodom — роза (по розоватому цвету его солей)
Ртуть	Hg	80	лат. Hydrargyrum — жидкое серебро
Рубидий	Rb	37	от rubidus — темно-красный (открыт по линиям в красной части спектра)
Рутений	Ru	44	позднелат. Ruthenia — Россия (открыт чл.-корр. Петерб. АН К. К. Клаусом)
Самарий	Sm	62	назван в честь смотрителя горного дела в России в середине XIX в. В. Е. Самарского
Свинец	Pb	82	лат. назв. Plumbum
Селен	Se	34	греч. Selene — Луна (из-за сходства с теллуром — Земля)
Сера	S	16	лат. назв. Sulfur
Серебро	Ag	47	лат. назв. Argentum
Скандий	Sc	21	назв. от Скандинавии

Продолжение таблицы 8

Название	Знак	№	Комментарий
Стронций	Sr	38	минерал стронцианит найден вблизи д. Строншиан в Шотландии
Сурьма	Sb	51	турецк. Surmu; stibium от греч. stibi сурьма
Таллий	Tl	81	греч. thallos — зеленая ветка (по ярко-зеленой линии спектра)
Тантал	Ta	73	по имени героя греч. мифологии Тантала
Теллур	Te	52	лат. tellus — Земля
Тербий	Tb	65	см. Иттербий
Технеций	Tc	43	греч. technetos — искусственный (первый искусственно полученный элемент)
Титан	Ti	22	от греч. титанов (Titanes)
Торий	Th	90	по имени скандинавского бога Тора
Тулий	Tm	69	от Туле (Thule), старого названия северной части Скандинавии
Углерод	C	6	входит в состав угля
Уран	U	92	название от планеты Уран
Фермий	Fm	100	в честь итальянского физика Э. Ферми
Фосфор	P	15	греч. phosphoros — носитель света
Франций	Fr	87	назван в честь Франции — родины открывшего его М. Пере
Фтор	F	9	лат. Fluorum от fluo — текучий
Хлор	Cl	17	греч. chloros — светлозеленый
Хром	Cr	24	греч. chroma — цвет
Цезий	Cs	55	от лат. caesius — голубой (открыт по ярко-синим спектральным линиям)
Церий	Ce	58	назв. от малой планеты Церера, открытие которой почти совпало с открытием церия
Цинк	Zn	30	лат. назв. zincum
Цирконий	Zr	40	по минералу циркону (от перс. заргун — золотистый), в котором он впервые был обнаружен
Эйнштейний	Es	99	в честь физика А. Эйнштейна
Эрбий	Er	68	см. Иттербий

Таблица 9

Международная система единиц (СИ)

Утверждена постоянной комиссией по стандартизации, София, июнь 1978 г. Она универсальна и удобна для применения и со временем повсеместно должна вытеснить все другие системы. СИ состоит из семи основных, двух дополнительных и ряда производных единиц. Из производных единиц ниже приводятся те, которые используются в астрономии.

Основные

Длина — *метр* (обозначается м или m) длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени 1/299 792 458 с

Масса — *килограмм* (кг или kg) масса международного эталона, хранящегося в Севре близ Парижа

Продолжение таблицы 9

Время	—	*секунда* (с или s) равна 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133
Сила света	—	*кандела* (кд или cd) равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, сила излучения которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср
Термодинамическая температура	—	*кельвин* (K)
Сила электрического тока	—	*ампер* (A)
Количество вещества	—	*моль* (моль или mol)
Дополнительные		
Плоский угол	—	радиан (рад или rad)
Телесный угол	—	стерадиан (ср или sr)
Производные, используемые в астрономии		
Плотность	—	килограмм на кубический метр (кг/м^3 или kg/m^3)
Сила (в том числе и сила веса)	—	ньютон (Н или N); размерность кг · м · с$^{-2}$
Работа, энергия, количество теплоты	—	джоуль (Дж или J); размерность Н · м
Мощность	—	ватт (Вт или W); размерность Дж/с
Давление	—	паскаль (Па или Pa); размерность Н/м^2
Угловая скорость	—	радиан в секунду (рад/с или rad/s)
Теплоемкость	—	джоуль на кельвин (Дж/К или J/K)
Количество электричества	—	кулон (Кл или C) или ампер-секунда (А · с или A · s)
Разность потенциалов	—	вольт (В или V); размерность Вт/А
Световой поток	—	люмен (лм или lm); размерность кд · ср
Освещенность	—	люкс (лк или lx); размерность лм/м^2
Яркость	—	кандела на кв. метр (кд/м^2 или cd/m^2)
Частота	—	герц (Гц или Hz) — один цикл периодического процесса за 1 с

Таблица 10

Астрономические постоянные (Система МАС 1976)

А. XVI съездом МАС в 1976 г. утверждена новая система астрономических постоянных для стандартной эпохи J2000,0.

Данные по: The Astronomical Almanac for 2001 и Астрономический ежегодник на 2000 г. Спб.: ИПА, 1999.

Принятые величины	
Гравитационная постоянная Гаусса	$k = \sqrt{f} = 0{,}017\,202\,098\,95$
Скорость света	$c = 299\,792\,458$ м/с

Продолжение таблицы 10

Основные постоянные	
Время прохождения светом астрономической единицы длины	$\tau_A = 499{,}004\,782$ с
Экваториальный радиус Земли	$a_e = 6\,378\,140$ м [в геофизике 6 378 137 м]
Динамический коэффициент формы Земли	$J_2 = 0{,}001\,082\,63$
Геоцентрическая гравитационная постоянная	$GE = 3{,}986\,005 \cdot 10^{14}$ м^3/с^2
Гравитационная постоянная Кавендиша	$G = 6{,}672 \cdot 10^{-11}$ м^3 кг$^{-1}$ с$^{-2}$
Отношение масс Луны и Земли	$\mu = 0{,}012\,300\,02$ $(1/\mu = 81{,}300\,68)$
Общая прецессия по долготе за юлианское столетие (эпоха J2000,0)	$p = 5029{,}0966'' = 1{,}396\,9713°$
Наклон экватора к эклиптике (J2000,0)	$\varepsilon = 23°26'21{,}448''$
Производные постоянные	
Постоянная нутации (J2000,0)	$N = 9{,}2025''$
Астрономическая единица (а. е.)	$c\tau_A = A = 1{,}495\,978\,70 \cdot 10^{11}$ м (для вычисления эфемерид в 2000 г. использовалось более точное значение: $1{,}495\,978\,7066 \cdot 10^{11}$ м)
Параллакс Солнца	$p_\odot = \arcsin(a_e/A) = 8{,}794\,148''$
Постоянная аберрации (J2000,0)	$\varkappa = 20{,}495\,52''$
Сплюснутость земного эллипсоида	$f = 0{,}003\,352\,81 = 1/298{,}257$
Гелиоцентрическая гравитационная постоянная	$GS = 1{,}327\,124\,38 \cdot 10^{20}$ м^3/с^2
Отношение масс Солнца и Земли	$(GS)/(GE) = S/E = 332\,946{,}0$
Отношение масс Солнца и Земли + Луны	$(S/E)/(1+\mu) = 328\,900{,}5$
Масса Солнца	$(GS)/G = S = 1{,}9891 \cdot 10^{30}$ кг

Б. Другие астрономические величины либо «постоянные», меняющиеся со временем. Все значения (кроме указанных специально) приведены для эпохи J2001,5.

Среднее расстояние Луны от Земли $a_{\leftmoon} = 384\,400$ км $= 0{,}002\,57$ а. е.

Средний суточный параллакс Луны $3422{,}61'' = 57'02{,}61''$

Постоянная лунного неравенства $L = 6{,}439\,87''$

Постоянная параллактического неравенства Луны $\Gamma_{\leftmoon} = 124{,}986''$

Годичная прецессия по долготе $p = +0{,}013\,9698° = +50{,}291\,28''$

Годичная прецессия по прямому восхождению $m = +0{,}012\,8124° = +46{,}124\,64'' = +3{,}074\,976^s$

Годичная прецессия по склонению $n = +0{,}005\,5675° = +20{,}043\,00''$

Наклон среднего экватора к эклиптике в эпоху J2000,0: $\varepsilon_0 = 23{,}439\,291° = 23°26'21{,}448''$. Для других эпох $\varepsilon = \varepsilon_0 - 46{,}815''T - 0{,}0006''T^2 + 0{,}001\,81T^3$, где $T = (t - 2000{,}0)/100$ — число юлианских столетий, прошедших после 2000 г.

Год юлианского календаря 365,25 сут. = 8766 ч = 525 960 мин $= 3{,}156 \cdot 10^7$ с

Средний гражданский год (григорианского календаря) 365,2425 сут. $= 365^d05^h49^m12^s$

Сидерический (звездный) год 365,256 363 сут. $= 365^d06^h09^m09{,}8^s$

Тропический год (от точки равноденствия до нее же) 365,242 190 ср. солн. сут. $= 365^d05^h48^m45{,}2^s$

Продолжение таблицы 10

Аномалистический год (от перигелия до перигелия) 365,259 635 ср. солн. сут. = $365^d06^h13^m52{,}5^s$

Драконический год (от узла до узла лунной орбиты) 346,620 076 ср. солн. сут. = $346^d14^h52^m54{,}5^s$

Лунный год в 12 синодических месяцев 354,36 ср. солн. сут.

Тропический месяц 27,321 582 ср. солн. сут. = $27^d07^h43^m04{,}7^s$

Аномалистический месяц 27,554 550 ср. солн. сут. = $27^d13^h18^m33{,}1^s$

Драконический месяц 27,212 221 ср. солн. сут. = $27^d05^h05^m35{,}9^s$

Средние солнечные сутки 1,002 737 909 35 ср. звездных суток = $24^h03^m56{,}55537^s$ ср. звездного времени

Средние звездные сутки 0,997 269 566 33 ср. солн. сут. = $23^h56^m04{,}09053^s$ ср. солн. времени

Среднее суточное видимое движение Солнца 0,985 609 11° = 59,136 547′ = 3548,19281

Сутки $24^h = 1440^m = 86\,400^s$

Звездная величина 1 люкса (за пределами атмосферы): $V = -13{,}9^m$ (в атмосфере теряется около $0{,}3^m$; поэтому у поверхности Земли «внеатмосферный» люкс соответствует $m_V = -13{,}6^m$

Освещенность от всего ночного безлунного неба 0,0003 лк; его поверхностная яркость в зените 10^{-8} сб, что соответствует $V = 22{,}4^m$ с квадратной секунды

Солнечная система

Таблица 11

Данные о Земле

Экваториальный радиус $a = 6\,378{,}140$ км (МАС, 1976)

Полярный радиус $b = 6\,356{,}774$ км

Средний радиус $= 6\,371{,}032$ км

Радиус-вектор на уровне моря на широте φ:
$r = a(0{,}998\,327\,07 + 0{,}001\,676\,44\cos 2\varphi - 0{,}000\,003\,52\cos 4\varphi + \ldots)$

Сплюснутость земного эллипсоида $c = (a - b)/a = 1/298{,}257$ (МАС, 1976)

Эксцентриситет земного меридиана $e = \sqrt{(a^2 - b^2)/a^2} = 0{,}081\,820$

Поверхность Земли 510 100 000 км^2

Поверхность суши 28,7 % всей поверхности Земли (около 0,1 суши покрыто вечными снегами и льдом)

Водная поверхность 71,3 % всей поверхности Земли

Объем Земли $1{,}0832 \cdot 10^{12}$ км^3

Масса Земли $5{,}9742 \cdot 10^{24}$ кг (включая атмосферу) $= M_\odot/332\,946$

Масса атмосферы Земли $5{,}16 \cdot 10^{18}$ кг

Ускорение силы тяжести на Земле (стандартное) $g_0 = 980{,}665$ см/с^2

Ускорение на широте 45° (абсолютное) $g_{45°} = 980{,}616$ см/с^2

Средняя плотность Земли 5,515 г/см^3

Средняя плотность земной коры 2,80 г/см^3

Скорость освобождения (вторая космическая) у поверхности 11,189 км/с

Длина 1° географической долготы $(111{,}321\cos\varphi - 0{,}094\cos 3\varphi)$ км (см. табл. 14)

Длина 1° географической широты $(111{,}143 - 0{,}562\cos 2\varphi)$ км (см. табл. 14)

Разность геодезической φ и геоцентрической φ' широт (в системе МАС)
$\varphi - \varphi' = 692{,}74'' \sin 2\varphi - 1{,}163'' \sin 4\varphi + 0{,}003'' \sin 6\varphi$

Угловая скорость вращения Земли $\omega = 15{,}0611''$/с

Период вращения Земли $23^h56^m04^s$

Линейная скорость точки земной поверхности на широте φ: $465{,}102\cos\varphi$ м/с

Ускорение (центробежное), вызываемое вращением Земли, достигает на экваторе величины, в 288 раз меньшей g

Средняя угловая скорость движения Земли в годичном движении по орбите
$2\pi/365{,}256\,363$ сут $= 0{,}985\,609\,11°$/сут

Средняя скорость движения Земли по орбите 29,79 км/с

Наибольшая скорость (в перигелии) 30,29 км/с

Наименьшая скорость (в афелии) 29,29 км/с

Ускорение Земли к Солнцу 0,59 см/с^2

Критическая скорость на расстоянии 1 а. е. от Солнца 42,1 км/с

Продолжение таблицы 11

Стандартное атмосферное давление 101,325 кПа (≈ 1 кг/см^2)
Магнитное поле на поверхности (в среднем) ≈ $5 \cdot 10^{-5}$ Тл
Альбедо 0,37
Температура поверхности (средняя) 295 K (+22°C)
Средняя глубина океана 3 795 м
Максимальная глубина океана 11 033 м
Средняя высота континентов над уровнем моря 840 м
Наибольшая высота гор (Эверест) 8 850,67 м (GPS, 2000 г.)
Толщина земной коры от 8 до 35 км

Таблица 12

Геохронологическая шкала

Эра	Период	Временные границы
Кайнозойская	Четвертичный	
	эпоха Голоцен	0–10 тыс. лет
	эпоха Плейстоцен	10 тыс. лет — 2–3 млн лет
	Третичный	
	эпоха Неоген	2–3 — 23 млн лет
	эпоха Палеоген	23–70 млн лет
Мезозойская	Меловой (Мел)	70–135 млн лет
	Юрский (Юра)	135–180 млн лет
	Триасовый (Триас)	180–220 млн лет
Палеозойская	Пермский (Пермь)	220–270 млн лет
	Каменноугольный (Карбон)	270–350 млн лет
	Девонский (Девон)	350–400 млн лет
	Силурийский (Силур)	400–430 млн лет
	Ордовикский (Ордовик)	430–490 млн лет
	Кембрийский (Кембрий)	490–600 млн лет
Докембрийская	Протерозойский (Протерозой)	600–1900 млн лет
	Архейский (Архей)	1900–2700 млн лет

Временная шкала основана на явлении радиактивного распада атомов, который идет с постоянной скоростью, не зависящей от внешних условий (так называемая ядерная шкала). Относительная шкала основана на последовательности напластования горных пород земной коры. Абсолютная геохронология предложена в начале XX в. П. Кюри и Э. Резерфордом. В зависимости от конечных продуктов распада выделяют свинцовый, гелиевый, аргоновый, кальциевый, стронциевый и др. методы абсолютной геохронологии, а также радиоуглеродный (по ^{14}C) (СЭС, 1986, с. 293). Надо, однако, отметить, что границы между периодами и эпохами в разных источниках несколько различаются. Продолжительность существования Земли как обособленного небесного тела оценивается в 4,5 млрд лет.

Таблица 13

Атмосфера Земли: изменение физических параметров с высотой

H, км	P		ρ, г/см^3	N, см$^{-3}$	l, см	T, °C
	мбар	мм Hg				
0	1013	760	$1{,}22 \cdot 10^{-3}$	$2{,}55 \cdot 10^{19}$	$7{,}4 \cdot 10^{-6}$	+15
1	899	674	$1{,}11 \cdot 10^{-3}$	$2{,}31 \cdot 10^{19}$	$8{,}1 \cdot 10^{-6}$	+8
2	795	596	$1{,}01 \cdot 10^{-3}$	$2{,}10 \cdot 10^{19}$	$8{,}9 \cdot 10^{-6}$	+2
3	701	526	$9{,}1 \cdot 10^{-4}$	$1{,}89 \cdot 10^{19}$	$9{,}9 \cdot 10^{-6}$	−5
4	616	462	$8{,}2 \cdot 10^{-4}$	$1{,}70 \cdot 10^{19}$	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$	−11
5	540	405	$7{,}4 \cdot 10^{-4}$	$1{,}53 \cdot 10^{19}$	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$	−18
6	472	354	$6{,}6 \cdot 10^{-4}$	$1{,}37 \cdot 10^{19}$	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$	−24
8	356	267	$5{,}2 \cdot 10^{-4}$	$1{,}09 \cdot 10^{19}$	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$	−37
10	264	196	$4{,}1 \cdot 10^{-4}$	$8{,}6 \cdot 10^{18}$	$2{,}2 \cdot 10^{-5}$	−50
15	121	91	$1{,}93 \cdot 10^{-4}$	$4{,}0 \cdot 10^{18}$	$4{,}6 \cdot 10^{-5}$	−58
20	56	42	$8{,}9 \cdot 10^{-4}$	$1{,}85 \cdot 10^{18}$	$1{,}0 \cdot 10^{-4}$	−57
30	12	9,0	$1{,}90 \cdot 10^{-5}$	$3{,}9 \cdot 10^{17}$	$4{,}8 \cdot 10^{-4}$	−48
40	2,9	2,2	$3{,}9 \cdot 10^{-6}$	$7{,}6 \cdot 10^{16}$	$2{,}4 \cdot 10^{-3}$	−20
50	0,97	0,76	$1{,}15 \cdot 10^{-6}$	$2{,}4 \cdot 10^{16}$	$8{,}5 \cdot 10^{-3}$	−2
70	0,08	0,06	$1{,}1 \cdot 10^{-7}$	$2{,}5 \cdot 10^{15}$	0,09	−54
100	$6 \cdot 10^{-4}$	$4{,}4 \cdot 10^{-4}$	$8{,}8 \cdot 10^{-10}$	$1{,}8 \cdot 10^{13}$	9	−78
120	$6 \cdot 10^{-5}$	$4{,}5 \cdot 10^{-5}$	$5{,}6 \cdot 10^{-11}$	$1{,}8 \cdot 10^{12}$	130	+87
150	$5 \cdot 10^{-6}$	$3{,}8 \cdot 10^{-6}$	$3{,}2 \cdot 10^{-12}$	$9 \cdot 10^{10}$	$1{,}8 \cdot 10^{3}$	+361
200	$5 \cdot 10^{-7}$	$3{,}8 \cdot 10^{-7}$	$1{,}6 \cdot 10^{-13}$	$5 \cdot 10^{9}$	$3 \cdot 10^{4}$	+582
300	$4 \cdot 10^{-8}$	$3{,}0 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-15}$	$3 \cdot 10^{8}$	—	+703
500	$2 \cdot 10^{-9}$	$1{,}5 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-16}$	$1 \cdot 10^{7}$	—	+726
1000	$1 \cdot 10^{-11}$	$7{,}5 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-18}$	$1 \cdot 10^{5}$	—	+727

Высота H, атмосферное давление P (в миллибарах и в мм ртутного столба), плотность воздуха ρ, число N молекул или атомов в 1 см^3, длина свободного пробега l молекул и средняя температура T газа. Приведены значения для средних широт Северного полушария, усредненные по сезонам года.

Данные по: *Чемберлен Дж.* Теория планетных атмосфер. М.: Мир, 1981; *Зуев В. Е., Комаров В. С.* Статистические модели температуры и газовых компонент атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1986.

Таблица 14

Длина дуги меридиана и длина дуги параллели земной поверхности (эллипсоид Красовского)

φ	Дуга меридиана, м			Дуга параллели, м		
	дуга в 1°	дуга в 1′	дуга в 1″	дуга в 1°, т. е. в 4^m долготы	дуга в 1′, т. е. в 4^s долготы	дуга в 1″, т. е. в 0,07^s долготы
0°	110 576,4	1 842,938	30,716	111 321,4	1 855,356	30,923
5	110 586,5	1 843,078	30,718	110 900,6	1 848,343	30,806

Продолжение таблицы 14

φ	Дуга меридиана, м			Дуга параллели, м		
	дуга в 1°	дуга в 1′	дуга в 1″	дуга в 1°, т. е. в 4^m долготы	дуга в 1′, т. е. в 4^s долготы	дуга в 1″, т. е. в $0{,}07^s$ долготы
10°	110 613,2	1 843,078	30,725	109 641,2	1 827,354	30,456
15	110 655,6	1 844,178	30,736	107 552,3	1 792,538	29,876
20	110 712,6	1 845,104	30,752	104 648,9	1 744,148	29,069
25	110 782,4	1 846,247	30,771	100 951,8	1 682,530	28,042
30	110 862,9	1 847,573	30,793	96 487,9	1 608,132	26,802
35	110 951,7	1 849,042	30,817	91 289,7	1 521,495	25,358
40	111 046,2	1 850,609	30,843	85 395,3	1 423,255	23,721
45	111 143,5	1 852,228	30,870	78 848,2	1 314,136	21,902
50	111 240,6	1 853,849	30,897	71 696,9	1 194,949	19,916
55	111 334,6	1 855,424	30,924	63 995,2	1 066,587	17,776
60	111 422,6	1 856,903	30,948	55 800,9	930,015	15,500
65	111 501,9	1 858,241	30,971	47 176,3	786,272	13,105
70	111 570,1	1 859,398	30,990	38 187,2	636,453	10,608
75	111 625,1	1 860,337	31,006	28 902,5	481,708	8,028
80	111 665,0	1 861,030	31,017	19 393,8	323,230	5,387
85	111 688,8	1 861,454	31,024	9 734,7	162,245	2,704
90	111 695,9	1 861,597	31,027	0	0	0

Таблица 15

Продолжительность самого длинного (максим.) и самого короткого (миним.) дня на разных широтах (с учетом рефракции)

Широта	Продолжительность дня максим.	Продолжительность дня миним.	Широта	Продолжительность дня максим.	Продолжительность дня миним.
0°	12^h05^m	$12^h04{,}5^m$	40°	14^h58^m	9^h16^m
5°	12 21	11 45	45°	15 33	8 42
10°	12 40	11 30	50°	16 18	8 00
15°	12 57	11 14	55°	17 17	7 05
20°	13 18	10 53	60°	18 45	5 45
25°	13 33	10 37	65°	21 43	3 22
30°	14 02	10 10	65°59′	24 00	2 30
35°	14 28	9 47	67°07′	24 00	0 00

На широте 65°59′ в году бывает один день продолжительностью 24^h, а на широте 67°07′ — 20 дней.

Таблица 16

Продолжительность полярного дня и полярной ночи на разных широтах (с учетом рефракции)

Северная широта	Полярный день	Полярная ночь	Южная широта	Полярный день	Полярная ночь
67,1°	0^d	0^d	67,1°	0^d	0^d
68	40	23	68	30	26
69	61	42	69	54	46
70	70	55	70	65	59
71	78	63	71	73	68
72	86	72	72	80	77
73	93	79	73	87	85
74	100	86	74	94	92
75	107	93	75	101	99
76	114	99	76	107	106
77	119	105	77	113	112
78	126	111	78	118	117
79	131	117	79	124	124
80	137	123	80	130	130
81	142	129	81	136	136
82	148	134	82	141	143
83	153	139	83	145	147
84	158	144	84	151	153
85	163	150	85	156	158
90	189	176	90	182	183

Таблица 17

Данные о Луне

Средний горизонтальный параллакс Луны 57′02,61″ (меняется в среднем от 53′54,6″ до 61′31,4″)

Среднее расстояние центра Луны от центра Земли 384 400 км = 0,00257 а. е. ≈ 30 диаметров Земли (расстояние меняется от 356 410 до 406 700 км)

Длина конуса лунной тени: наибольшая 379 645 км, наименьшая 367 189 км

Длина конуса земной тени: наибольшая 1 394 000 км, наименьшая 1 348 000 км

Видимый угловой диаметр Луны (геоцентрический):

— наибольший 33′31″

— наименьший 29′22″

— средний 31′05″ (на среднем расстоянии от Земли)

Топоцентрический (в зените) средний угловой диаметр 31′36″

Диаметр средний экваториальный 3474,8 км = 0,2724 экваториального диаметра Земли

Объем $2{,}197 \cdot 10^{10}$ км^3 = 0,02 объема Земли

Поверхность $3{,}793 \cdot 10^7$ км^2 = 0,074 поверхности Земли

Масса = $7{,}3483 \cdot 10^{22}$ кг = 1/81,30068 массы Земли

Средняя плотность 3,34 г/см^3 = 0,606 средней плотности Земли

Ускорение свободного падения на поверхности 1,622 м/с^2 = 0,165 земного ≈ 1/6 земного

Критическая (вторая космическая) скорость на поверхности = 2,38 км/с

Продолжение таблицы 17

Средний эксцентриситет лунной орбиты 0,054 9005 (меняется от 0,044 до ≈ 0,072)

Наклон лунной орбиты к эклиптике: средний 5°08′43,4″ (меняется с $P = 173^d$ от 4°59′ до 5°17′)

Наклон лунного экватора к эклиптике: средний 1°32′47″ (±24″)

Наклон лунного экватора к орбите: средний 6°41′ (меняется от 6°51′ до 6°31′)

Наклон лунной орбиты к земному экватору меняется от 18°28′ до 28°58′

Либрация по долготе (максимальная) ±7°54′

Либрация по широте (максимальная) ±6°50′

Параллактическая либрация ≈ 1°

Невидимая с Земли часть поверхности Луны составляет 41 % всей поверхности; а 18 % всей поверхности то видимы, то невидимы

Площадь морей ~16 % видимой стороны Луны и ~10 % обратной стороны

Средняя угловая скорость видимого движения Луны отн. звезд 13,2° в сутки ≈ 0,55° в час ≈ поперечник лунного диска в час

Средняя скорость движения Луны вокруг Земли 1,023 км/с

Средние лунные сутки (промежуток между последовательными прохождениями меридиана для земного наблюдателя) $24^h50^m28{,}2^s$

Сидерический месяц, равный периоду вращения Луны, 27,321 662 сут = $27^d07^h43^m11{,}6^s$

Синодический месяц (средний период полной смены фаз) = 29,530 589^d = $29^d12^h44^m02{,}9^s$ (меняется от 29,25^d до 29,83^d, т. е. на ≈ 13^h вследствие эллиптичности лунной орбиты)

Тропический месяц 27,321 5821^d = $27^d07^h43^m04{,}7^s$

Период вращения линии узлов 6798^d ≈ 18,61 тропич. года

Период вращения линии апсид 3232,6^d ≈ 8,849 тропич. года

Сферическое альбедо (по Бонду) 0,067

Визуальное геометрическое альбедо 0,12

Звездная величина в среднее полнолуние $m_V = -12{,}74^m$ (полная Луна светит в 400 тыс. раз слабее Солнца)

Показатели цвета Луны: $B - V = 0{,}92^m$, $U - B = 0{,}46^m$

Средняя яркость полной Луны 0,251 сб

Освещенность, создаваемая полной Луной в зените на поверхности Земли, перпендикулярной к направлению падающих лучей, 0,25 лк

Освещенность, создаваемая Землей на Луне в новолуние, 15 лк

Таблица 18

Даты новолуний (с точностью ±0,5^d)

Годы			Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.
2001	2020	2039	24	23	24	23	23	21	20	19	17	16	15	14
2002	2021	2040	13	12	13	12	11	10	10	8	7	6	4	4
2003	2022	2041	2	1	2	1/30	30	29	28	27	25	25	23	23
2004	2023	2042	21	20	21	20	19	17	17	16	14	14	12	12
2005	2024	2043	11	9	10	8	8	6	6	5	3	3	1	1/31
2006	2025	2044	29	28	29	27	27	25	24	23	21	21	20	20

Продолжение таблицы 18

Годы			Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.
2007	2026	2045	18	17	19	17	16	15	14	12	11	10	9	9
2008	2027	2046	7	6	7	6	6	4	4	2/31	30	29	27	27
2009	2028	2047	26	25	26	25	24	22	22	20	18	18	16	16
2010	2029	2048	15	14	15	13	13	12	11	10	8	7	6	5
2011	2030	2049	4	2	4	2	2	1/30	29	28	28	26	25	24
2012	2031	2050	23	21	23	21	21	19	19	17	16	15	14	14
2013	2032	2051	12	11	11	10	10	8	8	6	5	4	3	3
2014	2033	2052	1/30	—	1/30	29	28	26	26	24	23	23	22	21
2015	2034	2053	20	19	20	18	18	16	15	14	12	12	11	10
2016	2035	2054	9	8	9	8	7	6	5	3	2	1/30	29	29
2017	2036	2055	28	26	28	26	25	24	23	21	20	19	18	18
2018	2037	2056	16	15	17	15	15	13	13	11	9	9	7	6
2019	2038	2057	5	4	6	4	4	3	2	1/30	28	28	26	26

Таблица 19

Освещенность, создаваемая Луной при разных углах фазы на поверхности, перпендикулярной к направлению падающих лучей

Угол фазы	Освещенность	
	до полнолуния	после полнолуния
0°	100 (полнолун.)	100 (полнолун.)
10	78,8	76,0
20	60,3	58,7
30	46,6	45,3
40	35,7	35,0
50	27,6	27,3
60	21,1	21,1
70	16,2	15,6
80	12,0	11,1
90	8,2 (перв. четв.)	7,8 (посл. четв.)
100	5,6	5,8
110	3,8	4,1
120	2,5	2,6
130	1,5	1,6
140	—	0,9
150	—	0,4

Таблица 20

Затмения Луны с 2001 по 2040 гг.

Приведены дата и момент наступления наибольшей фазы по всемирному времени (U.T.); тип затмения (П — полное, Ч — частное, пт — полутеневое); наибольшая фаза тени или полутени (максим. фаза), т. е. максимальная доля лунного диаметра, покрытого земной тенью (либо полутенью). Поскольку угловой размер тени (тем более — полутени) превышает размер Луны, фаза бывает больше единицы. Приведена также продолжительность полного и частного затмений, а также географические координаты точки земной поверхности, для которой в момент наибольшей фазы Луна видна в зените. См. также: http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html.

Дата	U. T.	Тип	Максим. фаза		Продолжит.		Луна в зените	
			тени	полутени	полн.	частн.	λ	φ
2001 янв. 9	20^h21^m	П	1,192	—	1^h02^m	3^h17^m	+57°	+23°
2001 июль 5	14 55	Ч	0,497	—	—	2 40	+137	−24
2001 дек. 30	10 29	пт	—	0,916	—	—	−157	+24
2002 май 26	12 03	пт	—	0,712	—	—	+179	−20
2002 июнь 24	21 27	пт	—	0,232	—	—	+ 39	−25
2002 нояб. 20	01 47	пт	—	0,884	—	—	−30	+19
2003 май 16	03 40	П	1,131	—	0 53	3 15	−56	−19
2003 нояб. 9	01 19	П	1,020	—	0 24	3 32	−24	+16
2004 май 4	20 30	П	1,307	—	1 16	3 24	+52	−17
2004 окт. 28	03 04	П	1,311	—	1 21	3 40	−50	+14
2005 апр. 24	09 55	пт	—	0,889	—	—	−150	−14
2005 окт. 17	12 03	Ч	0,066	—	—	0 58	+175	+10
2006 март 14	23 47	пт	—	1.054	—	—	+6	+ 3
2006 сент. 7	18 51	Ч	0,188	—	—	1 32	+77	−7
2007 март 3	23 21	П	1,235	—	1 14	3 42	+13	+7
2007 авг. 28	10 37	П	1,479	—	1 31	3 33	−159	−10
2008 февр. 21	03 26	П	1,109	—	0 51	3 26	−48	+11
2008 авг. 16	21 10	Ч	0,811	—	—	3 09	+43	−13
2009 февр. 9	14 38	пт	—	0,923	—	—	+144	+14
2009 июль 7	09 38	пт	—	0,180	—	—	−143	−24
2009 авг. 6	00 39	пт	—	0,426	—	—	−9	−16
2009 дек. 31	19 23	Ч	0,080	—	—	1 02	+70	+24
2010 июнь 26	11 38	Ч	0,540	—	—	2 44	−174	−24
2010 дек. 21	08 17	П	1,259	—	1 13	3 30	−125	+24
2011 июнь 15	20 12	П	1,703	—	1 41	3 40	+57	−23
2011 дек. 10	14 32	П	1,108	—	0 52	3 33	+140	+23
2012 июнь 4	11 03	Ч	0,374	—	—	2 08	−166	−22
2012 нояб. 28	14 33	пт	—	0,939	—	—	+139	+21
2013 апр. 25	20 07	Ч	0,018	—	—	0 30	+57	−15
2013 май 25	04 10	пт	—	0,038	—	—	−63	−20

Продолжение таблицы 20

Дата	U. T.	Тип	Максим. фаза		Продолжит.		Луна в зените	
			тени	полутени	полн.	частн.	λ	φ
2013 окт. 18	23 50	пт	—	0,788	—	—	−2°	+11°
2014 апр. 15	07 46	П	1,293	—	1^h19^m	3^h36^m	−116	−10
2014 окт. 8	10 54	П	1,169	—	1 00	3 21	−167	+6
2015 апр. 4	12 00	П	1,003	—	1 09	3 30	−179	−5
2015 сент. 28	02 47	П	1,279	—	1 13	3 21	−44	+2
2016 март 23	11 47	пт	—	0,798	—	—	−175	−0
2016 авг. 18	09 43	пт	—	0,014	—	—	−145	−11
2016 сент. 16	18 54	пт	—	0,930	—	—	+ 75	−3
2017 февр. 11	00 44	пт	—	1,011	—	—	−8	+13
2017 авг. 7	18 20	Ч	0,249	—	—	1 56	+ 86	−16
2018 янв. 31	13 30	П	1,318	—	1 17	3 24	+161	+17
2018 июль 27	20 22	П	1,611	—	1 44	3 56	+ 56	−19
2019 янв. 21	05 12	П	1,198	—	1 03	3 18	−75	+20
2019 июль 16	21 31	Ч	0,656	—	—	2 59	+39	−22
2020 янв. 10	19 10	пт	—	0,919	—	—	+74	+23
2020 июнь 5	19 25	пт	—	0,591	—	—	+69	−22
2020 июль 5	04 30	пт	—	0,377	—	—	−66	−24
2020 нояб. 30	09 43	пт	—	0,853	—	—	−148	+21
2021 май 26	11 19	П	1,013	—	0 17	3 08	−170	−21
2021 нояб. 19	09 03	Ч	0,977	—	—	3 29	−139	+19
2022 май 16	04 11	П	1,417	—	1 26	3 28	−64	−19
2022 нояб. 8	10 59	П	1,362	—	1 26	3 41	−169	+17
2023 май 5	17 23	пт	—	0,987	—	—	+98	−17
2023 окт. 28	20 14	Ч	0,126	—	—	1 19	+52	+14
2024 март 25	07 13	пт	—	0,980	—	—	−106	−1
2024 сент. 18	02 44	Ч	0,089	—	—	1 05	−42	−3
2025 март 14	06 59	П	1,181	—	1 06	3 39	−102	+3
2025 сент. 7	18 12	П	1,365	—	1 23	3 30	+87	−6
2026 март 3	11 33	П	1,154	—	0 59	3 28	−171	+6
2026 авг. 28	04 13	Ч	0,933	—	—	3 19	−63	−9
2027 февр. 20	23 13	пт	—	0,950	—	—	+15	+10
2027 июль 18	16 03	пт	—	0,025	—	—	+121	−22
2027 авг. 17	07 14	пт	—	0,570	—	—	−108	−12
2028 янв. 12	04 13	Ч	0,070	—	—	0 58	−61	+23
2028 июль 6	18 19	Ч	0,392	—	—	2 23	+87	−23
2028 дек. 31	16 52	П	1,249	—	1 12	3 30	+108	+23
2029 июнь 26	03 22	П	1,847	—	1 43	3 41	−50	−23
2029 дек. 20	22 42	П	1,120	—	0 55	3 34	+19	+23

Продолжение таблицы 20

Дата	U. T.	Тип	Максим. фаза		Продолжит.		Луна в зените	
			тени	полутени	полн.	частн.	λ	φ
2030 июнь 15	18 33	Ч	0,506	—	—	2^h25^m	+82°	−23°
2030 дек. 9	22 27	пт	—	0,966	—	—	+21	+22
2031 май 7	03 51	пт	—	0,904	—	—	−59	−18
2031 июнь 5	11 44	пт	—	0,152	—	—	−176	−21
2031 окт. 30	07 45	пт	—	0,739	—	—	−121	+15
2032 апр. 25	15 13	П	1,194	—	1^h06^m	3 32	+131	−14
2032 окт. 18	19 02	П	1,106	—	0 48	3 17	+71	+10
2033 апр. 14	19 12	П	1,096	—	0 50	3 36	+72	−9
2033 окт. 8	10 55	П	1,353	—	1 20	3 23	−167	+6
2034 апр. 3	19 05	пт	—	0,878	—	—	+75	−5
2034 сент. 28	02 46	Ч	0,017	—	—	0 30	−44	+1
2035 февр. 22	09 05	пт	—	0,988	—	—	−133	+9
2035 авг. 19	01 11	Ч	0,106	—	—	1 18	−17	−12
2036 февр. 11	22 12	П	1,302	—	1 15	3 23	+ 31	+14
2036 авг. 7	02 51	П	1,456	—	1 36	3 52	−41	−16
2037 янв. 31	14 00	П	1,210	—	1 05	3 18	+153	+18
2037 июль 27	04 00	Ч	0,812	—	—	3 13	−60	−20
2038 янв. 21	03 48	пт	—	0,923	—	—	−54	+21
2038 июнь 17	02 43	пт	—	0,465	—	—	−40	−22
2038 июль 16	11 34	пт	—	0,523	—	—	−172	−23
2038 дек. 11	17 43	пт		0,829	—	—	+93	+22
2039 июнь 6	18 53	Ч	0,888	—	—	3 00	+77	−22
2039 нояб. 30	16 55	Ч	0,945	—	—	3 27	+104	+21
2040 май 26	11 45	П	1,538	—	1 33	3 32	−177	−22
2040 нояб. 18	19 03	П	1,400	—	1 29	3 41	+71	+20

Таблица 21

Данные о Солнце

Данные по: Ландольт—Берштейн, 1981; The Astron. Almanac 2001; *Макарова Е. А., Харитонов А. В., Казачевская Т. В.* Поток солнечного излучения. М.: Наука, 1991.

Горизонтальный параллакс Солнца при его среднем расстоянии от Земли $p_\odot = 8{,}79415''$ (в течение года меняется в пределах от 8,65″ до 8,94″)

Среднее расстояние (1 а. е.) $r_\odot = 1{,}495979 \cdot 10^{11}$ м

Наибольшее расстояние (Земля в афелии) $1{,}5210 \cdot 10^{11}$ м

Наименьшее расстояние (Земля в перигелии) $1{,}4710 \cdot 10^{11}$ м

Средний видимый угловой диаметр Солнца 31′59,30″ = 1919,30″ (на расстоянии 1 а. е.)

Наибольший видимый угловой диаметр 32′31,92″ = 1951,92″ (Земля в перигелии)

Продолжение таблицы 21

Наименьший видимый угловой диаметр $31'27,88'' = 1887,88''$ (Земля в афелии)

Наклон солнечного экватора к эклиптике 7,25°

Положение полюса вращения Солнца: $\alpha = 286,13°$, $\delta = 63,87°$

Долгота восходящего узла солнечного экватора на эклиптике 75,77°

Сидерический период вращения главного меридиана $25,38^d$

Средний синодический период вращения главного меридиана $27,2753^d$

Радиус $R_\odot = 6,960 \cdot 10^8$ м ($\approx$ 109 радиусов Земли)

Масса $M_\odot = 1,989 \cdot 10^{30}$ кг

Средняя плотность 1,409 г/см^3

Центральная плотность 140–180 г/см^3

Центральная температура 15 млн K

Видимые звездные величины вне атмосферы: $V = -26,75^m$; $B = -26,03^m$; $U = -25,85^m$

Абсолютные звездные величины: $M_V = 4,82^m$; $M_B = 5,54^m$; $M_U = 5,72^m$

Болометрические звездные величины: $m_{bol} = -26,83$; $M_{bol} = 4,74^m$

Болометрическая поправка $BC = -0,08^m$

Модуль расстояния $m - M = -31,57^m$

Показатели цвета: $B - V = 0,67^m$; $U - B = 0,18^m$; $V - R = 0,52^m$; $V - I = 0,81^m$; $V - K = 1,42^m$; $V - M = 1,53^m$

Светимость $L_\odot = 3,850 \cdot 10^{26}$ Вт

Солнечная постоянная 1369 Вт/м^2

Спектральный класс G2V

Эффективная температура 5779 K

Освещенность от Солнца на расстоянии 1 а. е. вне атмосферы Земли $1,35 \cdot 10^5$ люкс (= 540 000 полных Лун)

На среднем расстоянии до Солнца $1'' = 725,3$ км, $1' = 43\,516$ км

Площадь поверхности Солнца $6,087 \cdot 10^{18}$ м^2

Объем Солнца $1,412 \cdot 10^{27}$ м^3

Гравитационное ускорение на поверхности 274 м/с^2 = 28g

Скорость ускользания с поверхности 617,7 км/с

Момент инерции $5,7 \cdot 10^{46}$ кг · м^2

Линейная скорость точки экватора 2 км/с

Момент импульса (угловой момент) на основе вращения поверхности $1,63 \cdot 10^{41}$ кг · м^2 · с$^{-1}$

Энергия вращения (на основе вращении поверхности) $2,4 \cdot 10^{35}$ Дж

Общее магнитное поле вблизи полюсов Солнца при минимуме активности $\sim$ 1–2 Гс

Скорость движения Солнца относительно ближайших звезд 19,5 км/с

Направление движения Солнца $\alpha = 270° = 18^h00^m$, $\delta = +30°$ (стандартный апекс), к созвездию Геркулеса

Расстояние Солнца от центра Галактики около 8 кпк $\approx$ 26 000 св. лет

Скорость движения Солнца вокруг центра Галактики около 220 км/с

Период обращения Солнца вокруг центра Галактики около 220 млн лет

Возраст Солнца около 4,6 млрд лет

Средняя продолжительность полного цикла солнечной активности (22,11 ± 0,6) года

Таблица 22

Химические элементы в атмосфере Солнца

Элемент	Знак	Атомн. номер	lg N	Элемент	Знак	Атомн. номер	lg N
Водород	H	1	12,00	Иридий	Ir	77	2,2
Гелий	He	2	10,9	Барий	Ba	56	2,10
Кислород	O	8	8,8	Иттрий	Y	39	2,0
Углерод	C	6	8,5	Ниобий	Nb	41	2,0
Неон	Ne	10	8,0	Олово	Sn	50	2,0
Азот	N	7	7,9	Рутений	Ru	44	1,9
Кремний	Si	14	7,60	Свинец	Pb	82	1,90
Магний	Mg	12	7,57	Кадмий	Cd	48	1,85
Железо	Fe	26	7,52	Платина	Pt	78	1,8
Сера	S	16	7,19	Индий	In	49	1,7
Аргон	Ar	18	6,6	Церий	Ce	58	1,55
Алюминий	Al	13	6,40	Родий	Rh	45	1,5
Кальций	Ca	20	6,32	Палладий	Pd	46	1,5
Натрий	Na	11	6,32	Неодим	Nd	60	1,25
Никель	Ni	28	6,27	Берилий	Be	4	1,15
Хром	Cr	24	5,75	Лантан	La	57	1,13
Хлор	Cl	17	5,5	Гадолиний	Gd	64	1,1
Фосфор	P	15	5,43	Диспрозий	Dy	66	1,1
Марганец	Mn	25	5,40	Литий	Li	3	1,0
Калий	K	19	5,1	Сурьма	Sb	51	1,0
Кобальт	Co	27	4,97	Празеодим	Pr	59	0,98
Титан	Ti	22	4,80	Таллий	Tl	81	0,9
Фтор	F	9	4,6	Гафний	Hf	72	0,9
Цинк	Zn	30	4,42	Серебро	Ag	47	0,85
Медь	Cu	29	4,16	Иттербий	Yb	70	0,8
Ванадий	V	23	4,02	Эрбий	Er	68	0,8
Германий	Ge	32	3,50	Лютеций	Lu	71	0,8
Скандий	Sc	21	3,04	Вольфрам	W	74	0,8
Галлий	Ga	31	2,80	Осмий	Os	76	0,8
Стронций	Sr	38	2,82	Самарий	Sm	62	0,76
Цирконий	Zr	40	2,75	Золото	Au	79	0,75
Рубидий	Rb	37	2,63	Европий	Eu	63	0,7
Бор	B	5	2,3	Торий	Th	90	0,20
Молибден	Mo	42	2,2	Тулий	Tm	69	0,15

Приведено относительное содержание некоторых химических элементов по результатам спектроскопии фотосферы Солнца. Число атомов N нормализовано на 10^{12} атомов водорода. *Данные по*: Росс и Аллер (1976), Мюллер (1977), Холвегер (справ. Ландольт–Бернштейн, 1981).

Таблица 23

Солнечные пятна: среднегодовые числа Вольфа с 1700 по 2000 гг.

Данные по: http://sidc.oma.be/DATA/yearssn.dat). Среднемесячные числа Вольфа, начиная с 1749 г., см.: http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/sunspots.htm

Год	*W*	Год	*W*	Год	*W*	Год	*W*	Год	*W*
1700	5,0	1739	101,0	1778	154,4	1817	0,0	1856	4,3
1701	11,0	1740	73,0	1779	125,9	1818	30,1	1857	22,7
1702	16,0	1741	40,0	1780	84,8	1819	23,9	1858	54,8
1703	23,0	1742	20,0	1781	68,1	1820	15,6	1859	93,8
1704	36,0	1743	16,0	1782	38,5	1821	6,6	1860	95,8
1705	58,0	1744	5,0	1783	22,8	1822	4,0	1861	77,2
1706	29,0	1745	11,0	1784	10,2	1823	1,8	1862	59,1
1707	20,0	1746	22,0	1785	24,1	1824	8,5	1863	44,0
1708	10,0	1747	40,0	1786	82,9	1825	16,6	1864	47,0
1709	8,0	1748	60,0	1787	132,0	1826	36,3	1865	30,5
1710	3,0	1749	80,9	1788	130,9	1827	49,6	1866	16,3
1711	0,0	1750	83,4	1789	118,1	1828	64,2	1867	7,3
1712	0,0	1751	47,7	1790	89,9	1829	67,0	1868	37,6
1713	2,0	1752	47,8	1791	66,6	1830	70,9	1869	74,0
1714	11,0	1753	30,7	1792	60,0	1831	47,8	1870	139,0
1715	27,0	1754	12,2	1793	46,9	1832	27,5	1871	111,2
1716	47,0	1755	9,6	1794	41,0	1833	8,5	1872	101,6
1717	63,0	1756	10,2	1795	21,3	1834	13,2	1873	66,2
1718	60,0	1757	32,4	1796	16,0	1835	56,9	1874	44,7
1719	39,0	1758	47,6	1797	6,4	1836	121,5	1875	17,0
1720	28,0	1759	54,0	1798	4,1	1837	138,3	1876	11,3
1721	26,0	1760	62,9	1799	6,8	1838	103,2	1877	12,4
1722	22,0	1761	85,9	1800	14,5	1839	85,7	1878	3,4
1723	11,0	1762	61,2	1801	34,0	1840	64,6	1879	6,0
1724	21,0	1763	45,1	1802	45,0	1841	36,7	1880	32,3
1725	40,0	1764	36,4	1803	43,1	1842	24,2	1881	54,3
1726	78,0	1765	20,9	1804	47,5	1843	10,7	1882	59,7
1727	122,0	1766	11,4	1805	42,2	1844	15,0	1883	63,7
1728	103,0	1767	37,8	1806	28,1	1845	40,1	1884	63,5
1729	73,0	1768	69,8	1807	10,1	1846	61,5	1885	52,2
1730	47,0	1769	106,1	1808	8,1	1847	98,5	1886	25,4
1731	35,0	1770	100,8	1809	2,5	1848	124,7	1887	13,1
1732	11,0	1771	81,6	1810	0,0	1849	96,3	1888	6,8
1733	5,0	1772	66,5	1811	1,4	1850	66,6	1889	6,3
1734	16,0	1773	34,8	1812	5,0	1851	64,5	1890	7,1
1735	34,0	1774	30,6	1813	12,2	1852	54,1	1891	35,6
1736	70,0	1775	7,0	1814	13,9	1853	39,0	1892	73,0
1737	81,0	1776	19,8	1815	35,4	1854	20,6	1893	85,1
1738	111,0	1777	92,5	1816	45,8	1855	6,7	1894	78,0

Продолжение таблицы 23

Год	W	Год	W	Год	W	Год	W	Год	W
1895	64,0	1917	103,9	1939	88,8	1961	53,9	1983	66,6
1896	41,8	1918	80,6	1940	67,8	1962	37,6	1984	45,9
1897	26,2	1919	63,6	1941	47,5	1963	27,9	1985	17,9
1898	26,7	1920	37,6	1942	30,6	1964	10,2	1986	13,4
1899	12,1	1921	26,1	1943	16,3	1965	15,1	1987	29,2
1900	9,5	1922	14,2	1944	9,6	1966	47,0	1988	100,2
1901	2,7	1923	5,8	1945	33,2	1967	93,7	1989	157,6
1902	5,0	1924	16,7	1946	92,6	1968	105,9	1990	142,6
1903	24,4	1925	44,3	1947	151,6	1969	105,5	1991	145,7
1904	42,0	1926	63,9	1948	136,3	1970	104,5	1992	94,3
1905	63,5	1927	69,0	1949	134,7	1971	66,6	1993	54,6
1906	53,8	1928	77,8	1950	83,9	1972	68,9	1994	29,9
1907	62,0	1929	64,9	1951	69,4	1973	38,0	1995	17,5
1908	48,5	1930	35,7	1952	31,5	1974	34,5	1996	8,6
1909	43,9	1931	21,2	1953	13,9	1975	15,5	1997	21,5
1910	18,6	1932	11,1	1954	4,4	1976	12,6	1998	64,3
1911	5,7	1933	5,7	1955	38,0	1977	27,5	1999	93,3
1912	3,6	1934	8,7	1956	141,7	1978	92,5	2000	119,6
1913	1,4	1935	36,1	1957	190,2	1979	155,4		
1914	9,6	1936	79,7	1958	184,8	1980	154,6		
1915	47,4	1937	114,4	1959	159,0	1981	140,5		
1916	57,1	1938	109,6	1960	112,3	1982	115,9		

Таблица 24

Солнечные затмения

Приведена дата (с указанием дня недели) и момент середины полной фазы в точке ее максимальной продолжительности (по всемирному времени, U.T.). Тип затмения: П — полное, ч — частное, к — кольцеобразное, кп — кольцеобразно-полное, нк — нецентральное кольцеобразное. Наибольшая фаза (μ) — часть диаметра диска Солнца, закрытая в середине затмения; t_{max} — максимальная продолжительность полного или кольцевого затмения; d — максимальная ширина полы видимости полного или кольцевого затмения. Продолжительность главной фазы и ширина полосы приводятся на момент наибольшей фазы. Эти величины могут увеличиться к краям полосы главной фазы, в зависимости от типа затмения и направления движения тени. Географические сокращения: В. — восток, З. — запад, С. — север, Ю. — юг, Ц. — центральная часть, о. — океан или остров, Атл. — Атлантический, Инд. — Индийский.

Дата	U.T.	Тип	μ	t_{max}	d, км	Районы прохождения тени
2001 Июнь 21 Чт	12^h04^m	П		5^m02^s	204	Атл. о., Ю. Африка, Мадагаскар
2001 Дек. 14 Пт	20 52	к		3 48	121	Тихий о., Никарагуа
2002 Июнь 10 Пн	23 44	к		0 18	10	Индонезия, Тихий о., С. Америка
2002 Дек. 4 Ср	7 31	П		2 08	90	Ю. Африка, Инд. о., Австралия
2003 Май 31 Сб	4 08	к		3 34	—	Исландия, Арктика
2003 Ноя. 23 Вс	22 49	П		2 00	505	Антарктика

Продолжение таблицы 24

Дата	U.T.	Тип	μ	t_{max}	d, км	Районы прохождения тени
2004 Апр. 19 Пн	13^h34^m	ч	0,737	—	—	Ю. Африка, Антарктида
2004 Окт. 14 Чт	2 59	ч	0,929	—	—	В. России, Аляска
2005 Апр. 8 Пт	20 36	кп		0^m47^s	30	Тихий о., Панама
2005 Окт. 3 Пн	10 32	к		4 26	158	Испания, С. Африка, Инд. о.
2006 Март 29 Ср	10 11	П		4 11	187	С. Африка, Турция, Россия
2006 Сен. 22 Пт	11 40	к		7 04	258	Бразилия, С. Атлантика
2007 Март 19 Пн	2 32	ч	0,876	—	—	
2007 Сен. 11 Вт	12 31	ч	0,751	—	—	
2008 Февр. 7 Чт	3 55	к		2 09	434	Антарктика, Ю. Тихий о.
2008 Авг. 1 Пт	10 21	П		2 30	242	Россия (З. Сибирь, Алтай), Китай
2009 Янв. 26 Пн	7 59	к		7 49	277	Ю. Инд. о., Суматра, Калимантан
2009 Июль 22 Ср	2 35	П		6 44	261	С. Индия, Китай, Тихий о.
2010 Янв. 15 Пт	7 06	к		11 04	332	Ц. Африка, Инд. о., Китай
2010 Июль 11 Вс	19 33	П		5 25	262	Ю. Тихий о., Ю. Чили
2011 Янв. 4 Вт	8 50	ч	0,858	—	—	
2011 Июнь 1 Ср	21 16	ч	0,602	—	—	
2011 Июль 1 Пт	8 38	ч	0,098	—	—	
2011 Ноя. 25 Пт	6 20	ч	0,906	—	—	
2012 Май 20 Вс	23 53	к		5 42	233	Япония, С. Тихий о., США
2012 Ноя. 13 Вт	22 12	П		4 06	182	Австралия, Ю. Тихий о.
2013 Май 10 Пт	0 25	к		5 58	170	Австралия, Ц. Тихий о.
2013 Ноя. 3 Вс	12 46	кп		1 45	61	Атлантика, Ц. Африка
2014 Апр. 29 Вт	6 03	нк		—	—	Антарктида
2014 Окт. 23 Чт	21 44	ч	0,812	—	—	
2015 Март 20 Пт	9 46	П		2 50	473	С. Атлантика, Арктика
2015 Сен. 13 Вс	6 54	ч	0,788	—	—	
2016 Март 9 Ср	1 57	П		4 14	158	Суматра, Калимантан, С. Тихий о.
2016 Сент. 1 Чт	9 07	к		3 00	97	Ц. Африка, Мадагаскар, Инд. о.
2017 Фев. 26 Вс	14 53	к		0 39	27	Чили, Аргентина, Атл. о., Африка
2017 Авг. 21 Пн	18 25	П		2 45	118	Тихий о., США, Ц. Атлантика
2018 Февр. 15 Чт	20 51	ч	0,600	—	—	
2018 Июль 13 Пт	3 01	ч	0,337	—	—	
2018 Авг. 11 Сб	9 46	ч	0,738	—	—	
2019 Янв. 6 Вс	1 41	ч	0,715	—	—	
2019 Июль 2 Вт	19 23	П		4 38	204	Ю. Тихий о., Чили, Аргентина
2019 Дек. 26 Чт	5 18	к		3 34	115	Аравийский п-в, Индия, Калимантан
2020 Июнь 21 Вс	6 40	к		0 33	18	Ц. Африка, Аравийский п-в, Китай
2020 Дек. 14 Пн	16 13	П		2 14	93	Тихий о., Чили, Аргентина, Атл. о.
2021 Июнь 10 Чт	10 42	к		3 48	518	Арктика
2021 Дек. 4 Сб	7 33	П		1 57	427	Антарктика

Продолжение таблицы 24

Дата	U.T.	Тип	μ	t_{max}	d, км	Районы прохождения тени
2022 Апр. 30 Сб	20^h41^m	ч	0,640	—	—	
2022 Окт. 25 Вт	11 00	ч	0,863	—	—	
2023 Апр. 20 Чт	4 17	кп		1^m21^s	52	Инд. о., Индонезия, Тихий о.
2023 Окт. 14 Сб	17 59	к		5 12	184	США, п-в Юкатан, Бразилия
2024 Апр. 8 Пн	18 17	П		4 32	201	Тихий о., Мексика, США, Атл. о.
2024 Окт. 2 Ср	18 45	к		7 20	263	Тихий о., Аргентина, Атлантика
2025 Март 29 Сб	10 47	ч	0,938	—	—	
2025 Сент. 21 Вс	19 42	ч	0,856	—	—	
2026 Фев. 17 Вт	12 12	к		2 17	597	Антарктика
2026 Авг. 12 Ср	17 46	П		2 21	300	Гренландия, Антарктика, Испания
2027 Фев. 6 Сб	15 59	к		7 46	279	Тихий о., Аргентина, Атлантика
2027 Авг. 2 Пн	10 06	П		6 27	261	С. Африка, Инд. о.
2028 Янв. 26 Ср	15 08	к		10 22	321	Перу, Бразилия, Атлантика, Испания
2028 Июль 22 Сб	2 55	П		5 15	234	Тихий о., Австралия, Нов. Зеландия
2029 Янв. 14 Вс	17 12	ч	0,872	—	—	
2029 Июнь 12 Вт	4 05	ч	0,458	—	—	
2029 Июль 11 Ср	15 36	ч	0,231	—	—	
2029 Дек. 5 Ср	15 02	ч	0,892	—	—	
2030 Июнь 1 Сб	6 28	к		5 16	246	Ниж. Волга, Ю. Урал, Сибирь, Дал. Восток
2030 Ноя. 25 Пн	6 50	П		3 48	172	Ю. Африка, Инд. о., Австралия
2031 Май 21 Ср	7 15	к		5 20	150	Ц. Африка, Ю. Индия, Калимантан
2031 Ноя. 14 Пт	21 06	кп		1 14	41	Ц. Тихий о.
2032 Май 9 Вс	13 25	к		0 18	35	Ю. Атл. о.
2032 Нояб. 3 Ср	5 33	ч	0,856	—	—	
2033 Март 30 Ср	18 01	П		2 40	801	Берингово море, шт. Аляска, Арктика
2033 Сент. 23 Пт	13 53	ч	0,690	—	—	
2034 Март 20 Пн	10 17	П		4 14	162	Ц. Африка, Аравийск. п-в, Иран, Китай
2034 Сен. 12 Вт	16 18	к		2 52	99	Перу, Чили, Аргентина, Бразилия
2035 Март 9 Пт	23 04	к		0 43	28	Нов. Зеландия, Ц. Тихий о.
2035 Сен. 2 Вс	1 55	П		2 59	119	С. Китай, Корея, Япония, Тихий о.
2036 Февр. 27 Ср	4 45	ч	0,629	—	—	
2036 Июль 23 Ср	10 31	ч	0,200	—	—	
2036 Авг. 21 Чт	17 24	ч	0,863	—	—	
2037 Янв. 16 Пт	9 47	ч	0,706	—	—	
2037 Июль 13 Пн	2 39	П		4 03	205	Австралия, Нов. Зеландия
2038 Янв. 5 Вт	13 46	к		3 13	104	Куба, Атлантика, Ц. Африка
2038 Июль 2 Пт	13 31	к		0 54	28	Колумбия, Венесуэла, З. и Ц. Африка
2038 Дек. 26 Вс	0 59	П		2 23	98	Австралия, Н. Зеландия
2039 Июнь 21 Вт	17 11	к		4 01	360	шт. Аляска, Гренландия, С.-З. России

Продолжение таблицы 24

Дата	U.T.	Тип	μ	t_{max}	d, км	Районы прохождения тени
2039 Дек. 15 Чт	16^h22^m	П		1^m54^s	390	Антарктида
2040 Май 11 Пт	3 41	ч	0,531	—	—	
2040 Нояб. 4 Вс	19 07	ч	0,808	—	—	

Таблица 25

Элементы орбит планет Солнечной системы

Гелиоцентрические оскулирующие элементы орбит планет для начала 2001 г. (JD = 2 451 920,5) по отношению к средней эклиптике и точке равноденствия эпохи J2000,0. Данные для Земли относятся к барицентру системы Земля—Луна. Тропический год = 365,242 190 сут по 86 400 секунд СИ.

Данные по: The Astronomical Almanac for 2001 и Observer's Handbook 2001 / Ed. R.Gupta. RASCan, 2000.

Планета	Среднее расстояние от Солнца, a		Период обращения сидерический, P		Синодический период, S	Среднее угловое движение, n
	(а. е.)	(млн.км)	(троп. лет)	(сут)	(сут)	(°)/сут
Меркурий	0,387 10	57,9	0,240 85	87,95	115,85	4,092 356
Венера	0,723 33	108,2	0,615 21	224,70	583,93	1,602 136
Земля	1,000 01	149,6	1,000 04	365,26	—	0,985 593
Марс	1,523 63	227,9	1,880 78	686,94	779,91	0,524 062
Юпитер	5,204 41	778,6	11,867 7	4 334,6	398,87	0,083 052 8
Сатурн	9,583 78	1 433,7	29,666 1	10 835,3	378,09	0,033 224 7
Уран	19,187 22	2 870,4	84,048	30 697,8	369,66	0,011 727 2
Нептун	30,020 90	4 491,1	164,491	60 079,0	367,49	0,005 992 11
Плутон	39,231 07	5 868,9	245,73	89 751,9	366,72	0,004 011 06

Планета	Наконение орбитальной плоскости	Эксцентриситет орбиты	Долгота восходящего узла	Долгота перигелия	Средняя долгота в начальную эпоху	Средняя скорость орбитального движения
	i	e	Ω	ω	L	(км/с)
Меркурий	7,005°	0,20564	48,330°	77,460°	348,9226°	47,9
Венера	3,395	0,00676	76,678	131,709	63,5825	35,0
Земля	0,0002	0,01672	173,7	102,834	110,5560	29,8
Марс	1,850	0,09344	49,561	335,997	192,2291	24,1
Юпитер	1,304	0,04890	100,508	15,389	65,5419	13,1
Сатурн	2,486	0,05689	113,630	91,097	62,6852	9,6
Уран	0,772	0,04634	73,924	169,016	317,8806	6,8
Нептун	1,769	0,01129	131,791	51,589	307,4124	5,4
Плутон	17,165	0,24448	110,249	223,654	240,4311	4,8

Таблица 26

Физические характеристики планет Солнечной системы

Масса дана с атмосферой, но без спутников. *Радиус* планет-гигантов на уровне атмосферного давления 1 бар. *Сплюснутость* — разность экваториального и полярного радиусов по отношению к экваториальному. *Данные по*: The Astronomical Almanac for 2001.

Планета	Масса		Средний экваториальный радиус		Сплюснутость $(R_e - R_p)/R_e$	Средняя плотность (г/см^3)
	(10^{24} кг)	($\oplus = 1$)	км	($\oplus = 1$)		
Меркурий	0,330 22	0,055 274	2 439,7	0,3825	0	5,43
Венера	4,869 0	0,815 005	6 051,8	0,9488	0	5,24
Земля	5,974 2	1,000 000	6 378,14	1,0000	0,003 354	5,515
(Луна)	0,073 483	0,012 300	1 737,4	0,2724	0,001 7	3,34
Марс	0,641 91	0,107 45	3 397	0,5326	0,006 476	3,94
Юпитер	1 898,8	317,83	71 492	11,209	0,064 874	1,33
Сатурн	568,50	95,159	60 268	9,4491	0,097 962	0,70
Уран	86,625	14,500	25 559	4,0073	0,022 927	1,30
Нептун	102,78	17,204	24 764	3,8826	0,017 081	1,76
Плутон	0,015	0,002 5	1 195	0,1874	0	1,1

Параметры сидерического вращения вокруг оси указаны на дату 0,0 января 2001 г. Периоды указаны в сутках длительностью 86 400 секунд СИ. Для Юпитера и Сатурна указан период вращения в системе III. Блеск верхних планет (Марс — Плутон) указан в их среднюю оппозицию.

Планета	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к орбите	Координаты полюса вращения		Альбедо геометр.	Макс. блеск	Макс. угловой диаметр
			α	δ			
Меркурий	58,6462^d	0,01°	281,0°	61,5°	0,106	$-2{,}2^m$	11″
Венера	−243,0185	177,36	272,8	67,2	0,65	−4,7	60
Земля	0,997 269 63	23,44	0,0	0,0	0,367	—	—
(Луна)	27,321 661	6,7	~270	~67	0,12	−12,7	1 864
Марс	1,025 956 75	25,19	317,7	52,9	0,150	−2,0	18
Юпитер	0,413 54	3,13	268,1	64,5	0,52	−2,7	47
Сатурн	0,444 01	26,73	40,6	83,5	0,47	+0,7	20
Уран	−0,718 33	97,77	257,3	−15,2	0,51	+5,5	3,9
Нептун	0,671 25	28,32	299,4	43,0	0,41	+7,8	2,3
Плутон	−6,3872	122,54	313,0	9,1	0,3	+15,1	0,08

Гравитационное ускорение на поверхности $= GM/R_e^2$. Критическая (вторая космическая) скорость без учета сопротивления атмосферы.

Планета	Момент инерции (I/MR^2)	Гравитационное ускорение ($\oplus = 1$)	Критическая скорость на поверхности (км/с)	Температура		Атмосфера
				эффект. (K)	поверхн. (K)	
Меркурий	0,324	0,38	4,2	435	90–690	практ. отсутст.
Венера	0,333	0,90	10,4	228	735	CO_2, N_2
Земля	0,330	1,0	11,2	247	190–325	N_2, O_2
(Луна)	0,395	0,17	2,4	275	40–395	практ. отсутст.
Марс	0,377	0,38	5,0	216	150–260	CO_2, N_2
Юпитер	0,20	2,53	59,5	134		H_2, He
Сатурн	0,22	1,06	35,5	97		H_2, He
Уран	0,23	0,90	21,3	59		H_2, He
Нептун	0,26	1,14	23,5	59		H_2, He
Плутон	0,39	0,08	1,3	32	30–60	Ar, Ne, CH_4

Таблица 27

Условия солнечного облучения и освещенности на планетах

Планета	Расстояние от Солнца (а. е.)	Угловой диаметр Солнца	Облучение Солнцем		
			относительно Земли	световое (1000 лк)	звездная вел. Солнца
Меркурий	0,387	1°22′39″	6,68	901	−28,8
Венера	0,723	44′15″	1,91	258	−27,4
Земля	1,000	31′59″	1,00	135	−26,7
Марс	1,524	20′59″	0,431	58,2	−25,8
Юпитер	5,204	6′09″	0,0370	4,98	−23,1
Сатурн	9,584	3′20″	0,0110	1,48	−21,8
Уран	19,187	1′40″	0,0027	0,366	−20,3
Нептун	30,021	1′04″	0,0011	0,148	−19,3
Плутон	39,231	49″	0,0006	0,088	−18,7

Таблица 28

Спутники планет: параметры движения

У внешних спутников наклонение орбиты к экватору планеты меняется из-за прецессии их орбитальной плоскости. Например, у Луны оно меняется от 18° до 29° с периодом 18,61 года, но сохраняется наклонение в 5° относительно орбитальной плоскости Земли. Поэтому у спутников J6–J13, J17, S9, U16, U17, U19–U21, N2, Луны и Харона наклонение орбиты дано относительно орбитальной плоскости планеты. В графе «Период вращения» буква S указывает на синхронность суточного и орбитального периодов, а буква C — на хаотический характер вращения. В графе «Орбитальный период» знак «−» означает обратное движение.

Данные по: The Astronomical Almanac for 2001 и Observer's Handbook 2001 / Ed. R.Gupta. RASCan, 2000.

Номер и название		Большая полуось орбиты (тыс. км)	Орбитальный период (сутки)	Эксцентриситет орбиты	Наклонен. орбиты к экватору планеты	Период вращен. сидерич. (сутки)	Кем и когда открыт
Спутник Земли							
	Луна	384,40	27,321 661	0,0549	5,16°*	S	
Спутники Марса							
I	Фобос	9,378	0,318 910	0,015	1,0	S	Холл А. 1877
II	Деймос	23,459	1,262 441	0,0005	0,9–2,7	S	Холл А. 1877
Спутники Юпитера							
XVI	Метида	128	0,294 780	—	—	S	Синнот С. 1979
XV	Адрастея	129	0,298 26	—	—	S	Джюит и др. 1979
V	Амальтея	181	0,498 179	0,003	0,40	S	Барнард Э. 1892
XIV	Теба	222	0,6745	0,015	0,8	S	Синнот С. 1979
I	Ио	422	1,769 138	0,004	0,04	S	Галилей 1610

Продолжение таблицы 28

Номер и название		Большая полуось орбиты (тыс. км)	Орбитальный период (сутки)	Эксцентрисистет орбиты	Наклонен. орбиты к экватору планеты	Период вращен. сидерич. (сутки)	Кем и когда открыт
II	Европа	671	3,551 181	0,009	0,47°	S	Галилей 1610
III	Ганимед	1 070	7,154 553	0,002	0,21	S	Галилей 1610
IV	Каллисто	1 883	16,689 02	0,007	0,51	S	Галилей 1610
XIII	Леда	11 094	238,72	0,1476	27*	—	Коуэл Ч. 1974
VI	Гималия	11 480	250,566 2	0,1580	28*	0,40	Перрайн Ч. 1904
X	Лиситея	11 720	259,22	0,107	29*	0,533	Никольсон 1938
VII	Элара	11 737	259,652 8	0,2072	28*	—	Перрайн Ч. 1905
XII	Ананке	21 200	−631	0,1687	147*	0,35	Никольсон 1951
XI	Карме	22 600	−692	0,2068	164*	0,433	Никольсон 1938
VIII	Пасифе	23 500	−735	0,378	148*	—	Мелотт П. 1908
IX	Синопе	23 700	−758	0,275	153*	0,548	Никольсон 1914
XVII	S/1999J1	24 160	−768	0,124	142*	—	Спар и др. 1999
Спутники Сатурна							
XVIII	Пан	133,58	0,575 0	—	—	—	Шоуолтер 1990
XV	Атлант	137,67	0,601 9	0,000	0,3	—	Террил Р. 1980
XVI	Прометей	139,35	0,613 0	0,003	0,0	—	Коллинз, Карлсон 1980
XVII	Пандора	141,70	0,628 5	0,004	0,0	—	Коллинз, Карлсон 1980
XI	Эпиметей	151,42	0,694 2	0,009	0,34	S	Фонтейн, Ларсон 1966
X	Янус	151,47	0,694 5	0,007	0,14	S	Дольфюс О. 1966
I	Мимас	185,52	0,942 422	0,0202	1,53	S	Гершель В. 1789
II	Энцелад	238,02	1,370 218	0,0045	0,00	S	Гершель В. 1789
III	Тефия	294,66	1,887 802	0,0000	1,86	S	Кассини Дж. 1684
XIII	Телесто	294,66	1,887 8	—	—	—	Смит и др. 1980
XIV	Калипсо	294,66	1,887 8	—	—	—	Паску и др. 1980
IV	Диона	377,40	2,736 915	0,0022	0,02	—	Кассини Дж. 1684
XII	Елена	377,40	2,736 9	0,005	0,0	—	Лак и др. 1980
V	Рея	527,04	4,517 500	0,001	0,35	S	Кассини Дж. 1672
VI	Титан	1 221,83	15,945 42	0,0292	0,33	S	Гюйгенс Х. 1655
VII	Гиперион	1 481,1	21,276 61	0,104	0,43	C	Бонд и др. 1848
VIII	Япет	3 561,3	79,330 18	0,0283	14,72	S	Кассини Дж. 1671
IX	Феба	12 952	−550,48	0,1633	150*	0,4	Пикеринг У. 1898
Спутники Урана							
VI	Корделия	49,77	0,335 034	0,0003	0,08	—	«Вояджер-2» 1986

Продолжение таблицы 28

Номер и название		Большая полуось орбиты (тыс. км)	Орбитальный период (сутки)	Эксцентрисистет орбиты	Наклонен. орбиты к экватору планеты	Период вращен. сидерич. (сутки)	Кем и когда открыт
VII	Офелия	53,79	0,376 400	0,010	0,10°	—	«Вояджер-2» 1986
VIII	Бианка	59,17	0,434 579	0,0009	0,19	—	«Вояджер-2» 1986
IX	Крессида	61,78	0,463 570	0,0004	0,01	—	«Вояджер-2» 1986
X	Дездемона	62,68	0,473 650	0,0001	0,11	—	«Вояджер-2» 1986
XI	Джульетта	64,35	0,493 065	0,0007	0,07	—	«Вояджер-2» 1986
XII	Порция	66,09	0,513 195	0,0000	0,06	—	«Вояджер-2» 1986
XIII	Розалинда	69,94	0,558 460	0,0001	0,28	—	«Вояджер-2» 1986
XIV	Белинда	75,26	0,623 527	0,0001	0,03	—	«Вояджер-2» 1986
	1986U10	76,4	0,638	0,0	0,0	—	Каркошка Э. 1999
XV	Пэк	86,01	0,761 833	0,0001	0,32	—	«Вояджер-2» 1985
V	Миранда	129,39	1,413 479	0,0027	4,2	S	Койпер Дж. 1948
I	Ариэль	191,02	2,520 379	0,0034	0,3	S	Лассел У. 1851
II	Умбриэль	266,30	4,144 177	0,0050	0,36	S	Лассел У. 1851
III	Титания	435,91	8,705 872	0,0022	0,14	S	Гершель В. 1787
IV	Оберон	583,52	13,463 24	0,0008	0,10	S	Гершель В. 1787
XVI	Калибан	7 169	−579	0,082	140*	—	Глэдман и др. 1997
XX	Стефано	7 942	−676	0,146	141*	—	Глэдман и др. 1999
XVII	Сикоракса	12 214	−1 289	0,509	153*	—	Никольсон и др. 1997
XVIII	Просперо	16 113	−1 953	0,327	146*	—	Холман и др. 1999
XIX	Сетебос	18 205	−2 345	0,494	149*	—	Кавелаарс и др. 1999
Спутники Нептуна							
III	Наяда	48,23	0,294 396	0,000	4,74	—	«Вояджер-2» 1989
IV	Таласса	50,07	0,311 485	0,000	0,21	—	«Вояджер-2» 1989
V	Деспина	52,53	0,334 655	0,000	0,07	—	«Вояджер-2» 1989
VI	Галатея	61,95	0,428 745	0,000	0,05	—	«Вояджер-2» 1989
VII	Ларисса	73,55	0,554 654	0,0014	0,20	—	«Вояджер-2» 1989
VIII	Протей	117,65	1,122 315	0,0004	0,55	S	«Вояджер-2» 1989
I	Тритон	354,76	−5,876 9	0,0000	157,345	S	Лассел У. 1846
II	Нереида	5 513,4	360,136 2	0,7512	27,6*	—	Койпер Дж. 1949
Спутник Плутона							
	Харон	19,6	−6,387 25	<0,001	57,5*	S	Кристи Дж. 1978

* — относительно орбитальной плоскости планеты.

Таблица 29

Спутники планет: физические параметры

У спутников неправильной формы вместо среднего диаметра приведены наибольший и наименьший размеры. Блеск спутника и его максимальное угловое расстояние от центра планеты приведены для ее расстояния в среднюю оппозицию.

Данные по: The Astronomical Almanac for 2001 и Observer's Handbook 2001 / Ed. R.Gupta. RASCan, 2000.

Номер и название		Диаметр (км)	Масса (10^{20} кг)	Плотность (г/см^3)	Блеск (m_V)	Угл. расст. от планеты (° ′ ″)
Спутник Земли						
	Луна	3 475	735	3,34	−12,7	—
Спутники Марса						
I	Фобос	27 × 18	0,000 13	2	11,6	25
II	Деймос	15 × 5	0,000 018	2	12,7	1 02
Спутники Юпитера						
XVI	Метида	40			17,5	42
XV	Адрастея	16 × 26			18,7	42
V	Амальтея	262 × 134	0,072		14,1	59
XIV	Теба	110 × 90			16	1 13
I	Ио	3 640	892	3,55	5,0	2 18
II	Европа	3 130	485	3,04	5,3	3 40
III	Ганимед	5 268	1 490	1,93	4,6	5 51
IV	Каллисто	4 806	1 076	1,83	5,6	10 18
XIII	Леда	10			20	1 00 39
VI	Гималия	170	0,095		14,8	1 02 46
X	Лиситея	24			18,4	1 04 04
VII	Элара	80			16,8	1 04 10
XII	Ананке	20			18,9	1 55 52
XI	Карме	30			18,0	2 03 31
VIII	Пасифе	36			17,1	2 08 26
IX	Синопе	28			18,3	2 09 31
XVII	S/1999J1	10			21	2 12 00
Спутники Сатурна						
XVIII	Пан	20			19:	21
XV	Атлант	39 × 27			18:	22
XVI	Прометей	148 × 68			16:	23
XVII	Пандора	110 × 62			16:	23
XI	Эпиметей	138 × 110			15:	24
X	Янус	194 × 154	0,02		14:	24
I	Мимас	390	0,38	1,2	12.9	30
II	Энцелад	500	0,7	1,1	11,7	38
III	Тефия	1 060	7,6	1,2	10,2	48
XIII	Телесто	30 × 15			18,5:	48

Продолжение таблицы 29

Номер и название		Диаметр (км)	Масса (10^{20} кг)	Плотность (г/см^3)	Блеск (m_V)	Угл. расст. от планеты (° ′ ″)
XIV	Калипсо	30 × 16			18,7	48
IV	Диона	1 120	10,5	1,4	10,4	1 01
XII	Елена	36 × 30			18:	1 01
V	Рея	1 530	24,9	1,3	9,7	1 25
VI	Титан	5 150	1 346,5	1,9	8,3	3 17
VII	Гиперион	360 × 226			14,2	3 59
VIII	Япет	1 440	17,5	1,2	11,1	9 35
IX	Феба	220			16,5	34 51
Спутники Урана						
VI	Корделия	25			24,2	4
VII	Офелия	30			23,9	4
VIII	Бианка	42			23,1	4
IX	Крессида	62			22,3	5
X	Дездемона	54			22,5	5
XI	Джульетта	85			21,7	5
XII	Порция	110			21,1	5
XIII	Розалинда	55			22,5	5
XIV	Белинда	67			22,1	6
	1986U10	40			23,6	6
XV	Пэк	155			20,3	7
V	Миранда	470	0,7	1,3	16,4	10
I	Ариэль	1 160	13,5	1,6	14,1	14
II	Умбриэль	1 190	12,0	1,4	14,8	20
III	Титания	1 580	35,3	1,6	13,8	33
IV	Оберон	1 530	30,0	1,5	14,0	44
XVI	Калибан	60			21,1	8 56
XX	Стефано	20			23,5	9 54
XVII	Сикоракса	120			20,6	15 26
XVIII	Просперо	30			22,4	20 52
XIX	Сетебос	30			22,5	22 17
Спутники Нептуна						
III	Наяда	60			24,6	2
IV	Таласса	80			23,9	2
V	Деспина	150			22,5	2
VI	Галатея	160			22,4	3
VII	Ларисса	190			22,0	3
VIII	Протей	420			20,3	6
I	Тритон	2 700	215	2,1	13,5	17
II	Нереида	340	0,2	1,0	18,7	4 21
Спутник Плутона						
	Харон	1 200	18	2,1	16,8	0,9

Таблица 30

Короткопериодические кометы, наблюдавшиеся в двух и более появлениях

Обозначения:
№— номер кометы по каталогу Марсдена
T — момент прохождения перигелия
q — перигелийное расстояние (в а. е.)
e — эксцентриситет
P — период (в годах)
ω — аргумент перигелия
Ω — долгота восходящего узла
i — наклонение орбиты к плоскости эклиптики.
Угловые переменные отнесены к экватору и эклиптике 2000,0.
Элементы утерянных комет не приведены.
Данные для таблицы предоставлены Ю. Д. Медведевым (ИПА, Санкт-Петербург).
Наименования и абсолютные звездные величины комет даны в табл. 31.

№	T	q	e	P	ω	Ω	i
1P	1986 Feb 9,459	0,587	0,967	76,0	111,87°	58,86°	162,24°
2P	1997 May 23,597	0,331	0,850	3,28	186,27	334,72	11,93
4P	1999 May 6,114	1,657	0,568	7,52	204,97	199,34	9,05
6P	2002 Feb 3,592	1,353	0,613	6,53	178,11	138,94	19,50
7P	1996 Jan 2,453	1,256	0,634	6,37	172,31	93,43	22,30
8P	1994 Jun 25,291	0,998	0,824	13,5	206,70	270,55	54,69
9P	2000 Jan 2,617	1,500	0,519	5,51	178,91	68,97	10,54
10P	1999 Sep 8,421	1,482	0,523	5,47	195,02	118,21	11,98
12P	1954 May 22,881	0,774	0,955	70,9	199,03	255,89	74,18
13P	1956 Jun 19,139	1,178	0,930	69,6	64,64	86,10	44,61
14P	2000 Nov 21,074	2,413	0,407	8,21	162,36	204,12	27,52
15P	1995 May 5,036	1,036	0,710	6,76	323,54	42,04	3,67
16P	1994 Sep 1,082	1,843	0,491	6,89	197,99	176,95	5,54
17P	2000 May 11,822	2,165	0,412	7,07	23,35	328,01	19,19
19P	2001 Sep 14,733	1,358	0,624	6,86	353,38	75,42	30,32
21P	1998 Nov 21,317	1,034	0,706	6,61	172,54	195,40	31,86
22P	1996 Jul 2,192	1,580	0,544	6,45	162,83	120,91	4,72
23P	1989 Sep 11,938	0,479	0,972	70,5	129,61	311,59	19,34
24P	1993 Mar 3,964	1,202	0,705	8,22	57,48	81,05	11,85
26P	1997 Aug 30,304	0,997	0,664	5,11	359,33	213,31	21,09
27P	1984 Feb 20,171	0,735	0,919	27,4	195,84	250,90	29,10
28P	2002 Dec 27,379	1,552	0,776	18,2	346,92	347,03	14,19
29P	1989 Oct 26,722	5,772	0,045	14,9	49,87	312,85	9,37
30P	1995 Sep 3,331	1,874	0,502	7,31	13,29	119,74	8,13
31P	1994 Jan 23,909	2,070	0,399	6,39	358,22	126,25	3,75
32P	1996 Jun 10,500	1,846	0,568	8,83	45,77	60,87	12,92
33P	1992 Sep 1,673	1,649	0,552	7,06	11,01	69,05	20,14
35P	1939 Aug 9,464	0,748	0,974	155	29,30	355,98	64,21
36P	1994 Dec 22,426	3,094	0,259	8,53	201,87	182,50	9,93
37P	1999 May 4,189	1,446	0,568	6,13	310,70	334,37	7,16
38P	1980 Dec 5,166	1,574	0,860	37,7	358,18	79,19	17,98
39P	1958 Jun 10,501	3,388	0,144	7,88	354,90	155,78	3,99
40P	1993 Apr 29,172	1,783	0,635	10,8	47,38	135,08	11,60
41P	1995 Jul 28,800	1,065	0,656	5,46	61,68	141,50	9,23
42P	1993 Nov 13,052	2,001	0,586	10,6	147,01	150,43	3,99
43P	1997 Sep 29,217	1,582	0,544	6,46	187,13	254,76	18,51

Продолжение таблицы 30

№	T	q	e	P	ω	Ω	i
44P	2001 Feb 19,997	1,890	0,465	6,63	46,10°	296,07°	6,98°
45P	1995 Dec 25,985	0,532	0,824	5,27	326,06	89,15	4,25
46P	1997 Mar 14,150	1,064	0,657	5,46	356,34	82,21	11,72
47P	2001 Jan 6,495	2,305	0,396	7,46	348,88	2,60	12,51
48P	1997 Oct 31,849	2,308	0,367	6,97	207,99	117,35	13,66
49P	1998 Jul 12,595	1,369	0,612	6,61	330,56	121,73	18,29
50P	1991 May 26,040	1,850	0,537	7,99	47,07	356,19	19,94
51P	1994 Aug 23,235	1,572	0,561	6,78	233,46	119,26	8,66
52P	1999 Jan 27,877	1,756	0,543	7,53	138,90	337,29	10,22
53P	1991 Apr 24,701	2,401	0,553	12,4	134,17	149,11	6,61
54P	1965 Aug 23,275	1,624	0,524	6,31	325,43	25,07	3,61
55P	1998 Feb 28,098	0,977	0,906	33,2	172,50	235,26	162,49
56P	1993 Jun 22,419	2,543	0,504	11,6	44,11	346,44	8,16
57P	1996 Mar 5,697	1,720	0,501	6,39	115,21	188,99	2,85
58P	1995 Oct 6,606	1,381	0,661	8,24	200,35	160,72	13,48
59P	1999 Sep 16,319	2,339	0,477	9,45	127,44	313,04	9,35
60P	1999 Mar 8,189	1,770	0,506	6,79	203,19	288,20	6,72
61P	1993 Nov 15,900	2,345	0,388	7,49	216,54	166,89	6,08
62P	1998 Apr 19,060	1,496	0,577	6,64	22,77	96,81	10,50
63P	1973 Jul 2,840	1,981	0,647	13,3	167,95	358,90	19,90
64P	1991 Feb 22,721	1,355	0,692	9,21	84,81	314,44	9,25
65P	1996 Jul 24,397	2,462	0,316	6,83	196,82	68,52	10,38
66P	1974 Apr 1,497	1,294	0,787	15,0	257,22	22,83	18,71
67P	1996 Jan 17,656	1,300	0,630	6,59	11,39	51,01	7,11
68P	1998 May 1,666	1,755	0,641	10,8	154,54	175,54	11,09
69P	1997 Dec 12,261	1,948	0,466	6,97	355,37	108,86	20,55
70P	1994 Feb 17,996	2,399	0,393	7,85	348,52	154,82	0,88
71P	1995 May 31,097	1,553	0,502	5,50	208,85	59,72	9,50
72P	1978 Oct 2,140	0,780	0,820	9,01	334,31	41,54	8,64
73P	1995 Sep 22,890	0,933	0,695	5,34	198,77	69,95	11,42
74P	2001 Jan 15,645	3,546	0,148	8,49	86,65	77,16	6,65
75P	1987 Oct 30,038	1,775	0,498	6,65	175,68	269,74	5,92
76P	1993 Dec 25,343	1,577	0,543	6,41	359,98	84,17	30,54
77P	1995 Oct 9,318	2,399	0,343	6,98	195,80	15,66	24,41
78P	1997 Aug 7,043	2,000	0,464	7,20	192,77	210,63	6,26
79P	1987 Jun 14,011	1,199	0,601	5,21	251,56	309,35	2,94
80P	1998 Aug 11,639	1,624	0,598	8,12	338,40	260,01	29,86
81P	1997 May 6,628	1,583	0,540	6,39	41,77	136,15	3,24
82P	1993 Jul 25,434	3,427	0,151	8,11	231,57	243,34	1,10
83P	1985 Jul 5,230	1,612	0,517	6,10	0,38	230,84	22,66
84P	1992 Sep 13,091	1,847	0,493	6,96	276,48	112,53	7,28
85P	1986 Jan 16,425	1,114	0,778	11,2	11,68	26,48	5,76
86P	2001 Jun 18,602	2,310	0,364	6,93	179,16	72,61	15,44
87P	2000 Dec 29,764	2,181	0,375	6,52	24,15	182,21	2,57
88P	1998 Sep 27,179	1,406	0,553	5,57	234,90	57,67	4,40
89P	1994 Oct 27,305	2,276	0,400	7,38	249,17	42,54	12,04
90P	1987 Aug 10,245	2,989	0,510	15,1	28,49	13,55	9,62
91P	1997 Nov 19,207	2,510	0,344	7,49	353,43	248,67	14,10
92P	1990 Apr 2,198	1,814	0,663	12,5	162,84	182,51	18,72
93P	1998 Oct 14,150	1,692	0,613	9,14	74,49	340,02	12,24
94P	1997 Feb 3,498	2,229	0,365	6,58	93,27	70,97	6,19

Продолжение таблицы 30

№	T	q	e	P	ω	Ω	i
95P	1996 Feb 14,746	8,454	0,383	50,7	339,55°	209,38°	6,93°
96P	1996 Oct 15,070	0,125	0,959	5,24	14,59	94,53	60,07
97P	1991 Jan 5,612	1,591	0,594	7,76	208,04	187,79	13,03
98P	1998 Nov 7,986	1,585	0,575	7,21	147,80	124,85	9,49
99P	1992 Mar 13,096	4,673	0,232	15,0	174,70	28,77	4,39
100P	1997 May 28,517	1,819	0,451	6,02	178,93	38,90	25,72
101P	1992 Jan 25,450	2,356	0,594	14,0	263,25	130,39	5,08
102P	1991 Dec 18,212	1,986	0,470	7,26	18,77	339,95	26,24
103P	1997 Dec 22,017	1,032	0,700	6,39	180,72	219,95	13,62
104P	1998 Mar 2,168	1,397	0,585	6,18	191,91	246,15	15,49
105P	1999 Apr 6,449	2,032	0,413	6,44	46,80	192,55	9,19
106P	1992 Sep 6,418	1,539	0,590	7,26	355,73	50,60	20,13
107P	1996 Dec 6,331	1,000	0,622	4,30	90,89	270,96	2,78
108P	1993 Jan 23,080	1,709	0,543	7,23	358,04	53,71	13,09
109P	1992 Dec 12,324	0,958	0,964	135	153,00	139,44	113,43
110P	2001 Mar 21,404	2,478	0,315	6,88	167,94	287,75	11,69
111P	1996 Oct 31,780	3,490	0,139	8,16	10,13	91,99	4,23
112P	1993 Jul 13,576	1,457	0,588	6,64	21,48	31,91	24,21
113P	1994 Jan 28,254	2,133	0,422	7,10	50,19	14,53	5,78
114P	1993 Jun 4,317	1,509	0,568	6,53	171,91	271,66	18,19
115P	1994 Mar 18,722	2,026	0,522	8,74	119,83	176,83	11,69
116P	1996 Aug 31,236	1,989	0,408	6,16	170,75	22,07	3,72
117P	1997 Mar 26,882	3,715	0,176	9,57	215,08	73,47	9,74
118P	1997 Jan 12,113	2,021	0,421	6,51	301,98	152,10	8,47
119P	1996 Jun 24,807	3,045	0,291	8,89	181,10	244,22	5,19
120P	1996 Apr 24,666	2,739	0,337	8,41	29,92	4,56	8,80
121P	1996 Aug 20,045	2,664	0,337	8,05	6,13	99,72	17,70
122P	1995 Oct 6,023	0,659	0,963	74,4	12,98	79,62	85,39
123P	1996 May 12,896	2,133	0,448	7,59	102,97	46,67	15,35
124P	1996 Nov 9,078	1,413	0,554	5,64	180,52	1,65	31,47
125P	1996 Jul 14,588	1,540	0,509	5,56	87,27	153,37	9,97
126P	1996 Oct 29,995	1,703	0,697	13,3	356,89	357,70	45,96
127P	1997 Feb 6,661	2,153	0,370	6,33	6,26	14,06	14,41
128P	1997 Nov 20,294	3,047	0,321	9,51	210,22	214,53	4,36
129P	1998 Mar 4,890	2,817	0,248	7,25	181,38	303,71	5,01
130P	1998 Feb 23,784	2,116	0,404	6,69	224,37	89,97	7,30
131P	1997 Nov 22,202	2,412	0,344	7,05	179,64	214,28	7,36
132P	1997 Nov 10,092	1,910	0,532	8,24	220,96	178,48	5,78
133P	1996 Apr 18,479	2,628	0,167	5,61	133,33	160,26	1,38
134P	1998 Nov 18,855	2,575	0,587	15,6	18,71	202,29	4,35
135P	1999 Dec 10,517	2,721	0,289	7,49	22,59	213,32	6,05
136P	1999 Mar 20,505	3,010	0,289	8,71	225,45	137,97	9,41
137P	2000 Feb 5,823	1,869	0,580	9,37	142,02	234,75	4,66
138P	1998 Aug 24,573	1,697	0,531	6,89	95,53	309,52	10,09
139P	1998 Sep 28,775	3,382	0,248	9,54	165,55	242,47	2,33
140P	1999 May 14,810	1,972	0,692	16,2	173,08	343,46	3,84

Для научных сообщений об открытии и наблюдении комет используйте адрес CBAT@CFA.HARVARD.EDU. В исключительных случаях (for emergency use only), грозящих Земле столкновением с астероидом или кометой, используйте телефоны в США 617-495-7440/7244/7444.

Таблица 31

Наименование и светимость периодических комет

Приведена фамилия ученого или ученых, имя которых носит комета (в именительном падеже); это не обязательно ее первооткрыватели, иногда — ученые, определившие точную орбиту кометы. Цифры, стоящие после фамилий, означают порядковый номер кометы, открытой данным ученым (учеными). Две кометы Цзыцзиньшань названы по наименованию обсерватории, где они были открыты (в переводе с китайского — Пурпурная гора). Абсолютная звездная величина кометы (H_0) вычислена по формуле $H_0 = m - 10 \lg r - 5 \lg \Delta$, где m — видимая величина, r — расстояние кометы от Солнца, Δ — расстояние кометы от Земли. Предполагается, что интегральный блеск головы кометы изменяется по закону $I = I_0 \Delta^{-2} r^{-n}$, где $n = 4$ как среднее значение для многих наблюдавшихся комет. В последней колонке слева приводится обозначение кометы в первом появлении, которое по новым правилам присваивается комете по моменту ее открытия. Латинская буква A означает, что комета была открыта в первой половине января, B — во второй половине января, C — в первой половине февраля, и т.д. Следующая за ней цифра указывает порядок объявления об открытии кометы в этой половине месяца. В той же колонке справа приведено обозначение в старой системе: римская цифра указывает порядковый номер прохождения этой кометой перигелия в данном году. См. текущие данные о кометах: cfa-www.harvard.edu/iau/lists/CometResolution.html

№	Имя		H_0	Первое обозначение	
1P	Галлей	Halley	2,8	−239 K1	−239
2P	Энке	Encke	9,2	1786 B1	1786 I
3P	Биела	Biela	7,1	1772 E1	1772
4P	Фай	Faye	6,4	1843 W1	1843 III
5P	Брорзен	Brorsen	8,3	1846 D2	1846 III
6P	Д'Арре	d'Arrest	7,8	1678 R1	1851 II
7P	Понс—Виннеке	Pons—Winnecke	9,1	1819 L1	1819 III
8P	Тутль	Tuttle	7,5	1790 A2	1790 II
9P	Темпель 1	Tempel 1	7,7	1867 G1	1867 II
10P	Темпель 2	Tempel 2	7,7	1873 N1	1873 II
11P	Темпель—Свифт	Tempel—Swift	11,2	1869 III	1869 III
12P	Понс—Брукс	Pons—Brooks	4,1	1812 Q1	1812
13P	Ольберс	Olbers	4,1	1815 E1	1815
14P	Вольф	Wolf	6,3	1884 S1	1884 III
15P	Финлей	Finlay	9,4	1886 S1	1886 VII
16P	Брукс 2	Brooks 2	7,3	1889 N1	1889 V
17P	Холмс	Holmes	6,4	1892 V1	1892 III
18P	Перрайн—Мркос	Perrine—Mrkos	10,0	1896 X1	1896 VII
19P	Борелли	Borrelly	7,4	1904 Y2	1905 II
20P	Вестфаль	Westphal	5,5	1852 O1	1852 IV
21P	Джакобини—Циннер	Giacobini—Zinner	9,2	1900 Y1	1900 III
22P	Копф	Kopff	6,9	1906 Q1	1906 IV
23P	Брорзен—Меткоф	Brorsen—Metcalf	7,7	1847 O1	1847 V
24P	Шомасс	Schaumasse	7,8	1911 X1	1911 VII
25P	Неуймин 2	Neujmin 2	9,5	1916 D1	1916 II
26P	Григ—Шьеллеруп	Grigg—Skjellerup	11,6	1902 K1	1902 II
27P	Кроммелин	Crommelin	8,9	1818 D1	1818 I
28P	Неуймин 1	Neujmin 1	8,2	1913 K2	1913 III

Продолжение таблицы 31

№	Имя		H_0	Первое обозначение	
29P	Швассман—Вахман 1	Schwassmann—Wachmann 1	−2,2	1902 E1	1908 IV
30P	Рейнмут 1	Reinmuth 1	8,0	1928 D1	1928 I
31P	Швассман—Вахман 2	Schwassmann—Wachmann 2	6,2	1929 B1	1929 I
32P	Комас Сола	Comas Sola	6,7	1926 V1	1927 III
33P	Даниель	Daniel	9,3	1909 X1	1909 IV
34P	Гейл	Gale	9,5	1927 L1	1927 VI
35P	К. Гершель—Риголле	Herschel—Rigollet	7,9	1788 Y1	
36P	Уиппл	Whipple	6,2	1933 U1	1933 IV
37P	Форбс	Forbes	8,8	1929 P1	1919 II
38P	Стефан—Отерма	Stephan—Oterma	6,3	1867 B1	1867 I
39P	Отерма	Oterma	4,1	1943 G1	1942 VII
40P	Вайсала 1	Vaisala 1	8,6	1939 CB	1939 IV
41P	Тутль-Джакобини-Кресак	Tuttle-Giacobini-Kresak	10,6	1858 J1	1858 III
42P	Неуймин 3	Neujmin 3	7,9	1929 P2	1929 III
43P	Вольф—Харрингтон	Wolf—Harrington	7,9	1924 Y1	1924 IV
44P	Рейнмут 2	Reinmuth 2	7,8	1947 R1	1947 VII
45P	Хонда-Мркос-Пайдушакова	Honda-Mrkos-Pajdushakova	11,0	1948 X1	1948 XII
46P	Виртанен	Wirtanen	8,4	1948 A1	1947 XIII
47P	Ашбрук—Джексон	Ashbrook—Jackson	5,1	1948 Q1	1948 IX
48P	Джонсон	Johnson	7,2	1949 Q1	1949 II
49P	Аренд—Риго	Arend—Rigaux	9,4	1951 C2	1950 VII
50P	Аренд	Arend	8,3	1951 T1	1951 X
51P	Харрингтон	Harrington	9,3	1953 P1	1953 VI
52P	Харрингтон—Эйбелл	Harrington—Abell	9,6	1955 F1	1954 XIII
53P	Ван Бисбрук	Van Biesbroeck	6,3	1954 R1	1954 IV
54P	Де Вико—Свифт	de Vico—Swift	8,5	1844 Q1	1844 I
55P	Темпель—Тутль	Tempel—Tuttle	7,7	1865 Y1	1866 I
56P	Слотер—Бернхем	Slaughter—Burnham	6,9	1959 B1	1958 VI
57P	Дю Туа-Неуймин-Дельпорт	du Toit-Neujmin-Delporte	10,1	1941 O1	1941 VII
58P	Джексон—Неуймин	Jackson—Neujmin	9,3	1936 S1	1936 IV
59P	Кирнс—Кви	Kearns—Kwee	6,6	1963 Q1	1963 VIII
60P	Цзыцзиньшань 2	Tsuchinshan 2	8,8	1965 A2	1965 II
61P	Шайн—Шальдах	Shajn—Schaldach	6,8	1949 VI	1949 VI
62P	Цзыцзиньшань 1	Tsuchinshan 1	9,7	1965 A1	1965 I
63P	Вилд 1	Wild 1	8,0	1960 G1	1960 I
64P	Свифт—Герелс	Swift—Gehrels	8,3	1889 W1	1889 VI
65P	Гунн	Gunn	5,6	1953 U2	1953 VIII
66P	Дю Туа	du Toit	9,9	1944 K1	1944 III
67P	Чурюмов—Герасименко	Churyumov—Gerasimenko	8,3	1969 R1	1969 IV
68P	Клемола	Klemola	8,0	1965 U1	1965 VI
69P	Тейлор	Taylop	8,2	1915 W1	1916 I
70P	Кодзима	Kojima	7,2	1970 Y1	1970 XII

Продолжение таблицы 31

№	Имя		H_0	Первое обозначение	
71P	Кларк	Clark	8,9	1973 L1	1973 V
72P	Деннинг—Фудзикава	Denning—Fujikawa	12,6	1881 T1	1881 V
73P	Швассман—Вахман 3	Schwassmann—Wachmann 3	10,8	1930 J1	1930 VI
74P	Смирнова—Черных	Smirnova—Chernykh	3,9	1975 E2	1975 VII
75P	Когоутек	Kohoutek	7,8	1975 C1	1975 III
76P	Вест—Когоутек—Икемура	West—Kohoutek—Ikemura	7,6	1975 D1	1981 VIII
77P	Лонгмор	Longmore	6,2	1975 L1	1974 XIV
78P	Герелс 2	Gehrels 2	7,3	1973 S1	1973 XI
79P	Дю Туа—Хартли	du Toit—Hartley	11,3	1945 G1	1945 II
80P	Петерс—Хартли	Peters—Hartley	8,7	1846 M1	1846 VI
81P	Вилд 2	Wild 2	6,3	1978 A2	1978 XI
82P	Герелс 3	Gehrels 3	4,4	1975 U1	1977 VII
83P	Рассел 1	Russell 1	10,5	1979 M2	1979 V
84P	Гиклас	Giclas	8,5	1978 R2	1978 XXII
85P	Бетин	Boethin	7,8	1975 A1	1975 I
86P	Вилд 3	Wild 3	6,8	1980 G1	1980 VII
87P	Бас	Bus	6,8	1981 E1	1981 XI
88P	Хоуэлл	Howell	7,5	1981 Q1	
89P	Рассел 2	Russell 2	7,6	1980 S1	1980 III
90P	Герелс 1	Gehrels 1	5,2	1973 T1	1973 I
91P	Рассел 3	Russell 3	6,6	1983 L1	1982 IX
92P	Сангуин	Sanguin	6,2	1977 T2	1977 XII
93P	Ловаш 1	Lovas 1	7,9	1980 X1	1980 V
94P	Рассел 4	Russell 4	6,5	1984 E1	1984 I
95P	«Хирон» (астероид 2060)	«Chiron»		1977 UB	
96P	Мачхольц 1	Machholz 1	11,9	1986 J2	1986 VIII
97P	Меткаф—Брюингтон	Metcalf—Brewington	5,0	1906 Y2	
98P	Такамизава	Takamizawa	7,8	1984 O1	1984 j
99P	Ковал 1	Kowal 1	2,8	1977 H2	
100P	Хартли 1	Hartley 1	9,2	1985 L1	
101P	Черных	Chernykh	4,7	1977 Q1	1978 IV
102P	Шумейкер 1	Shoemaker 1	7,0	1984 S2	1984 q
103P	Хартли 2	Hartley 2	7,4	1986 E2	1986 c
104P	Ковал 2	Kowal 2	9,0	1979 B1	
105P	Зингер—Брюстер	Singer—Brewster	8,2	1986 X1	1986 XI
106P	Шустер	Schuster	9,5	1977 T1	1978 I
107P	Вилсон—Харрингтон	Wilson—Harrington		1949 W1	
108P	Сифрео	Ciffreo		1985 V1	1985 p
109P	Свифт—Тутль	Swift—Tuttle	3,7	1862 O1	
110P	Хартли 3	Hartley 3	6,0	1988 D1	
111P	Хелин—Роман—Крокет	Helin—Roman—Crockett	4,0	1989 A2	1989 b
112P	Урата—Ниидзима	Urata—Niijima		1986 UD	1986 XVI

Продолжение таблицы 31

№	Имя		H_0	Первое обозначение	
113P	Шпиталер	Spitaler		1890 W1	1890 VII
114P	Вайзман—Скифф	Wiseman—Skiff		1986 Y1	1986 XV
115P	Маури	Maury		1985 Q1	
116P	Вилд 4	Wild 4	6,1	1990 B1	1990 f
117P	Хелин—Роман—Эйлю 1	Helin—Roman—Alu 1	2,5	1989 T2	1989 w
118P	Шумейкер—Леви 4	Shoemaker—Levy 4	6,8	1991 C2	
119P	Паркер—Хартли	Parker—Hartley	3,1	1987 E1	1987 XXXVI
120P	Мюллер 1	Mueller 1	4,7	1987 U2	
121P	Шумейкер—Холт 2	Shoemaker—Holt 2		1989 E2	1989 j
122P	Де Вико	de Vico		1846 D1	1846 IV
123P	Вест—Хартли	West—Hartley	6,2	1989 E3	1989 k
124P	Мркос	Mrkos	11,4	1991 F1	
125P	«Спейсвоч»	Spacewatch	7,8	1991 R2	
126P	ИРАС (космич. обсерв.)	IRAS		1983 M1	1983 XIV
127P	Холт—Олмстед	Holt—Olmstead	8,5	1990 R2	
128P	Шумейкер—Холт 1	Shoemaker—Holt 1	4,1	1987 U1	1987 z
129P	Шумейкер—Леви 3	Shoemaker—Levy 3	6,1	1991 C1	
130P	МакНаут—Хьюэс	McNaught—Hughes	8,0	1991 S1	
131P	Мюллер 2	Mueller 2	8,1	1990 R1	
132P	Хелин—Роман—Эйлю 2	Helin—Roman—Alu 2	9,3	1989 U1	1989 y
133P	Эльст—Пизарро	Elst—Pizarro		1996 N2	
134P	Ковал—Ваврова	Kowal—Vavrova		1983 J3	1983 III
135P	Шумейкер—Леви 8	Shoemaker—Levy 8	6,4	1992 G2	
136P	Мюллер 3	Mueller 3	6,1	1990 S1	
137P	Шумейкер—Леви 2	Shoemaker—Levy 2	8,5	1993 UL3	
138P	Шумейкер—Леви 7	Shoemaker—Levy 7	10,8	1991 V2	
139P	Вайсала—Отерма	Väisälä—Oterma		1939 TN	
140P	Боуэлл—Скифф	Bowell—Skiff		1983 C1	1983 II
141P	Мачхольц 2	Machholz 2			
142P	Ге—Ван	Ge—Wang	5,4		1988 o
143P	Ковал—Мркос	Kowal—Mrkos			1984 h
144P	Кушида	Kushida			
145P	Шумейкер—Леви 5	Shoemaker—Levy 5	8,3		
146P	Шумейкер—LINEAR	Shoemaker—LINEAR			
147P	Кушида—Мураматсу	Kushida—Muramatsu			
148P	Андерсон—LINEAR	Anderson—LINEAR			
149P	Мюллер 4	Mueller 4	6,8		
P/	Бредфилд 2	Bradfield 2	6,6		
P/	Шумейкер—Леви 1	Shoemaker—Levy 1	8,6		
P/	Леви	Levy	6,1		
P/	Шумейкер—Леви 6	Shoemaker—Levy 6	10,2		
P/	Брюинтон	Brewington	5,2		

Таблица 32

Астероиды: элементы орбит некоторых малых планет

№ — номер малой планеты, a — большая полуось (а. е.), Имя — данное астероиду имя или предварительное обозначение, P — сидерический период обращения (в годах), M — абсолютная звездная величина (т. е. блеск, каким бы он был при расстоянии астероида от Земли и от Солнца в 1 а. е. и нулевом фазовом угле), T — синодический период обращения (в сутках), i — наклон к плоскости эклиптики (в градусах), D — диаметр (км), e — эксцентриситет, Дата — дата первого наблюдения, n — среднее движение (градусы в сутки), Автор — автор открытия. Эпоха орбитальных элементов: 18,0 октября 2001 г. ($JD = 2\,452\,200{,}5$).

№	Имя	M	i	e	n	a	P	T	D	Дата	Автор
					Малые планеты главного пояса						
1	Церера (Ceres)	3,34	10,584	0,07890	0,21414	2,7669	4,603	467,45	910	1801 Jan 1	G. Piazzi
2	Паллада (Pallas)	4,13	34,840	0,22990	0,21339	2,7734	4,619	466,99	521	1802 Mar 28	H. W. Olbers
4	Веста (Vesta)	3,20	7,135	0,08945	0,27160	2,3615	3,629	505,13	500	1807 Mar 29	H. W. Olbers
10	Хигея (Hygiea)	5,43	3,844	0,11928	0,17743	3,1366	5,555	446,18	427	1849 Apr 12	A. De Gasparis
15	Евномия (Eunomia)	5,28	11,748	0,18571	0,22914	2,6448	4,301	476,73	271	1851 Jul 29	A. De Gasparis
52	Европа (Europa)	6,31	7,468	0,10128	0,18055	3,1003	5,459	447,91	311	1858 Feb 4	H. Goldschmidt
511	Давида (Davida)	6,22	15,948	0,18365	0,17483	3,1676	5,638	444,74	336	1903 May 30	R. S. Dugan
704	Интерамния (Interamnia)	5,94	17,328	0,14589	0,18395	3,0619	5,358	449,81	331	1910 Oct 2	V. Cerulli
					Астероиды, сближающиеся с Землей						
433	Эрос (Eros)	11,16	10,830	0,22284	0,55971	1,4582	1,761	847,91	33×13×13	1898 Aug 13	G. Witt
1 566	Икар (Icarus)	16,9	22,862	0,82688	0,88073	1,0779	1,119	3476,55	0,9	1949 Jun 27	W. Baade
3 200	Фаэтон (Phaethon)	14,6	22,166	0,89001	0,68756	1,2713	1,434	1213,27	5,0	1983 Oct 11	IRAS
4 179	Тоутатис (Toutatis)	15,30	0,470	0,63423	0,24784	2,5101	3,977	488,84	4,0	1988 Jul 12	C. Pollas
					Транснептуновые объекты						
15 760	1992 QB1	7,2	2,191	0,07223	0,00337	44,0920	292,784	367,00	100—220	1992 Aug 30	D. C. Jewitt, J. X. Luu
15 788	1993 SB	7,7	1,941	0,32463	0,00395	39,6030	249,230	367,22	75—170	1993 Sep 16	I. P. Williams и др.
15 874	1996 TL66	5,4	23,939	0,58744	0,00126	84,9167	782,524	366,22	220—500	1996 Oct 9	C. Trujillo и др.
20 000	2000 WR106*	3,7	17,125	0,05471	0,00346	43,2931	284,863	367,04	490—1100	2000 Nov 28	Spacewatch

* — для планеты 20000 предложено имя — Varuna.

Некоторые адреса, по которым можно получить информацию о малых планетах:

http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/mpc.html — IAU: Minor Planet Center
ftp://ftp.lowell.edu/pub/elgb/astorb.html — Lowell Observatory
http://pdssbn.astro.umd.edu/sdnhtml/ — University of Maryland
http://neo.jpl.nasa.gov/ — NASA, JPL
http://www.ipa.nw.ru/ — Институт прикладной астрономии РАН

Таблица 33

Большие метеорные потоки

Момент максимальной активности потока связан с положением Земли на орбите; поэтому более точно на него указывает не календарная дата, а эклиптическая долгота Солнца ($l_\odot$) в этот момент. N — зенитное часовое число; столько метеоров заметил бы наблюдатель невооруженным глазом на всей полусфере неба при идеальных атмосферных условиях, если бы радиант располагался в зените.

Данные по: Observer's Handbook 2000 (RAS Canada),
Moore P. The Data Book of Astronomy. IoP Pub., 2000,
Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М.: Наука, 1973,
Куликовский П. Г. Справочник любителя астрономии. М.: Наука, 1971.

Поток	Период активности	Максимум активности		Радиант в максимуме		N в макс.	V геоц. км/с	Комета — родоначальница потока
		Дата	$l_\odot$	α	δ			
Квадрантиды	28 дек.–7 янв.	3 янв.	283,2°	15^h30^m	+50°	90	42	
Лириды	19–25 апр.	22 апр.	32,1	18 16	+34	10	48	Тэтчера (1861 I)
η-Аквариды	24 апр.–20 мая	4 мая	44,5	22 27	0	20	65	1P/Галлея
δ-Аквариды N	15 июля–20 авг.	29 июля	125,7	22 22	−05	10	41	
δ-Аквариды S	15 июля–20 авг.	29 июля	125,7	22 38	−16	20	41	
Персеиды	20 июля–20 авг.	12 авг.	139,8	3 06	+58	100	60	109P/Свифта—Тутля
Дракониды	8–10 окт.	9 окт.	195,4	17 28	+54	10	23	21P/Джакобини—Циннера
Ориониды	17–26 окт.	21 окт.	208,7	6 22	+16	30	66	1P/Галлея
Южн. Тауриды	26 окт.–22 нояб.	2 нояб.	220,7	3 24	+14	10	28	2P/Энке
Сев. Тауриды	26 окт.–22 нояб.	12 нояб.	230,7	3 55	+23	10	29	2P/Энке
Леониды	9–22 нояб.	18 нояб.	236,3	10 15	+22	пер.	72	55P/Темпеля—Тутля
Геминиды	5–18 дек.	13 дек.	262,3	7 30	+33	90	35	Астероид 3100/Фаэтон ?
Урсиды (UMi)	19–25 дек.	22 дек.	270,7	14 28	+75	10	35	8P/Тутля

Примечания:

Квадрантиды: резкий максимум; в отдельные годы наблюдалась повышенная активность.
Лириды: метеорные дожди ($N \approx 1800$) наблюдались в 1803, 1922 и 1982.
δ-Аквариды: поток имеет две ветви — сев. (N) и южн. (S); наиболее активна S-ветвь.
Персеиды: весьма вероятные ежегодные дожди.
Дракониды: обычно слабый, но давал дожди в 1926, 1933, 1946.
Ориониды: быстрые и яркие; плоский максимум.
Тауриды: не всегда включаются в число больших потоков, однако в 1988 г. их медленные метеоры были весьма заметны.
Леониды: обычно слаб, но давал мощные дожди в 1799, 1832/33, 1866/67, 1901, 1934, 1966 ($N \sim 10^5$!) и 1999 ($N \approx 4000$).
Геминиды: обильный поток; много ярких метеоров.
Урсиды: обычно слаб, но был обилен в 1945 ($N \approx 100$), 1958, 1982 и 1986.

Текущую информацию см. на: www.imo.net — The International Meteor Organization,
www.amsmeteors.org — The American Meteor Society

Данные о слабых и заподозренных потоках см. в книге:
Gary W. Kronk. Meteor Showers: A Descriptive Catalog (Enslow Pub., Hillside, N.Y., 1988).
Ее полный текст доступен на: medicine.wustl.edu/kronkg/meteor_shower.html

Координаты Солнца

Таблица 34

Поправка K за начало года

В високосные годы до 1 марта брать первую поправку (ту, что со знаком «−»), а с 1 марта — вторую (ту, что со знаком «+»).

год	K	год	K	год	K	год	K
2001	$0{,}000^d$	2013	$+0{,}094^d$	2025	$+0{,}187^d$	2037	$+0{,}281^d$
2002	−0,242	2014	−0,149	2026	−0,055	2038	+0,039
2003	−0,484	2015	−0,391	2027	−0,297	2039	−0,204
2004	−0,727 +0,273	2016	−0,633 +0,367	2028	−0,539 +0,461	2040	−0,446 +0,554
2005	+0,031	2017	+0,125	2029	+0,218	2041	+0,312
2006	−0,211	2018	−0,117	2030	−0,024	2042	+0,070
2007	−0,453	2019	−0,360	2031	−0,266	2043	−0,172
2008	−0,695 +0,305	2020	−0,602 +0,398	2032	−0,508 +0,492	2044	−0,415 +0,585
2009	+0,062	2021	+0,156	2033	+0,250	2045	+0,343
2010	−0,180	2022	−0,086	2034	+0,007	2046	+0,101
2011	−0,422	2023	−0,328	2035	−0,235	2047	−0,141
2012	−0,664 +0,336	2024	−0,571 +0,429	2036	−0,477 +0,523	2048	−0,383 +0,617

Таблица 35

Координаты Солнца через каждые 3 дня

Геоцентрическая долгота Солнца $l_\odot$, координаты центра истинного Солнца $\alpha_\odot, \delta_\odot$, расстояние до Солнца в астрономических единицах R, уравнение времени η, угловой радиус Солнца $r_\odot$ в гринвичскую полночь на каждый третий день 2001 года.

Дата	$l_\odot$	$\alpha_\odot$	$\delta_\odot$	R	η	$r_\odot$
январь						
1	281,56°	$18^h46^m15^s$	−23° 00,8′	0,98332	$+03^m41^s$	16′ 17″
4	284,87	18 59 28	−22 44,1	0,98329	+05 04	16 18
7	288,16	19 12 37	−22 23,4	0,98331	+06 23	16 17
10	291,43°	$19^h25^m42^s$	−21° 58,7′	0,98338	$+07^m37^s$	16′ 17″

Продолжение таблицы 35

Дата	$l_\odot$	$\alpha_\odot$	$\delta_\odot$	R	η	$r_\odot$
13	294,68	19 38 42	−21 30,1	0,98352	+08 47	16 17
16	297,90	19 51 36	−20 57,9	0,98371	+09 50	16 17
19	301,10	20 04 25	−20 22,0	0,98394	+10 48	16 17
22	304,28	20 17 07	−19 42,6	0,98422	+11 39	16 17
25	307,42	20 29 42	−18 59,9	0,98453	+12 23	16 16
28	310,54	20 42 10	−18 14,2	0,98487	+13 00	16 16
31	313,63	20 54 30	−17 25,4	0,98524	+13 30	16 16
февраль						
3	316,68	21 06 43	−16 33,9	0,98565	+13 52	16 15
6	319,70	21 18 49	−15 39,8	0,98610	+14 07	16 15
9	322,70	21 30 47	−14 43,3	0,98661	+14 14	16 14
12	325,66	21 42 38	−13 44.6	0,98716	+14 14	16 14
15	328,59	21 54 23	−12 43,8	0,98775	+14 08	16 13
18	331,50	22 06 01	−11 41,2	0,98838	+13 56	16 12
21	334,39	22 17 33	−10 36,9	0,98904	+13 37	16 12
24	337,25	22 28 59	−09 31,2	0,98971	+13 13	16 11
27	340,08	22 40 20	−08 24,1	0,99040	+12 43	16 10
март						
2	342,90	22 51 36	−07 15,9	0,99111	+12 09	16 10
5	345,70	23 02 47	−06 06,8	0,99183	+11 30	16 09
8	348,48	23 13 55	−04 57,0	0,99259	+10 46	16 08
11	351,24	23 24 58	−03 46,6	0,99337	+10 00	16 08
14	354,00	23 35 59	−02 35,8	0,99419	+09 11	16 07
17	356,74	23 46 58	−01 24,7	0,99503	+08 20	16 06
20	359,48	23 57 55	−00 13,5	0,99588	+07 27	16 05
23	2,21	00 08 51	+00 57,6	0,99673	+06 34	16 04
26	4,95	00 19 47	+02 08,4	0,99758	+05 39	16 04
29	7,68	00 30 42	+03 18,9	0,99843	+04 45	16 03
апрель						
1	10,41	00 41 38	+04 28,7	0,99927	+03 51	16 02
4	13,14	00 52 34	+05 37,8	1,00011	+02 58	16 01
7	15,88	01 03 32	+06 46,0	1,00096	+02 07	16 00
10	18,63	01 14 32	+07 53,2	1,00182	+01 17	15 59
13	21,39	01 25 34	+08 59,1	1,00268	+00 30	15 59
16	24,16	01 36 39	+10 03,8	1,00354	−00 14	15 58
19	26,95	01 47 48	+11 06,9	1,00439	−00 54	15 57
22	29,75	01 58 60	+12 08,5	1,00522	−01 31	15 56
25	32,57	02 10 16	+13 08,2	1,00602	−02 03	15 55
28	35,40	02 21 37	+14 06,0	1,00680	−02 32	15 55
май						
1	38,26	02 33 02	+15 01,6	1,00755	−02 55	15 54
4	41,13	02 44 32	+15 55,1	1,00828	−03 14	15 53
7	44,03	02 56 07	+16 46,1	1,00900	−03 28	15 53
10	46,94	03 07 46	+17 34,6	1,00971	−03 37	15 52
13	49,88	03 19 31	+18 20,5	1,01040	−03 41	15 51
16	52,84	03 31 22	+19 03,6	1,01107	−03 40	15 51
19	55,82	03 43 17	+19 43,9	1,01171	−03 33	15 50
22	58,82	03 55 18	+20 21,1	1,01231	−03 21	15 49
25	61,85	04 07 23	+20 55,2	1,01286	−03 05	15 49
28	64,89	04 19 33	+21 26,0	1,01337	−02 44	15 48
31	67,94	04 31 46	+21 53,5	1,01384	−02 19	15 48
июнь						
3	71,02	04 44 04	+22 17,5	1,01428	−01 51	15 48
6	74,10	04 56 24	+22 38,1	1,01469	−01 20	15 47
9	77,20	05 08 47	+22 55,0	1,01507	−00 46	15 47
12	80,30	05 21 13	+23 08,4	1,01543	−00 09	15 47
15	83,42	05 33 40	+23 18,0	1,01574	+00 29	15 46
18	86,54°	05^{h}46^{m}09^s	+23° 24,0′	1,01602	+01^{m}08^s	15′ 46″

Продолжение таблицы 35

Дата	$l_\odot$	$\alpha_\odot$	$\delta_\odot$	R	η	$r_\ominus$
21	89,66	05 58 38	+23 26,3	1,01625	+01 47	15 46
24	92,78	06 11 07	+23 24,9	1,01642	+02 26	15 46
27	95,90	06 23 35	+23 19,7	1,01653	+03 05	15 46
30	99,01	06 36 01	+23 10,9	1,01660	+03 41	15 45
июль						
3	102,11	06 48 25	+22 58,3	1,01664	+04 15	15 45
6	105,19	07 00 47	+22 42,2	1,01664	+04 46	15 45
9	108,27	07 13 05	+22 22,6	1,01661	+05 14	15 45
12	111,33	07 25 19	+21 59,5	1,01654	+05 38	15 46
15	114,37	07 37 30	+21 32,9	1,01644	+05 58	15 46
18	117,40	07 49 36	+21 03,1	1,01629	+06 14	15 46
21	120,41	08 01 38	+20 30,1	1,01609	+06 25	15 46
24	123,39	08 13 34	+19 54,0	1,01583	+06 31	15 46
27	126,35	08 25 25	+19 14,8	1,01553	+06 32	15 46
30	129,29	08 37 11	+18 32,9	1,01518	+06 26	15 47
август						
2	132,21	08 48 50	+17 48,2	1,01480	+06 16	15 47
5	135,10	09 00 25	+17 00,9	1,01439	+05 59	15 48
8	137,97	09 11 54	+16 11,1	1,01395	+05 38	15 48
11	140,82	09 23 17	+15 19,0	1,01348	+05 11	15 48
14	143,65	09 34 36	+14 24,7	1,01299	+04 39	15 49
17	146,46	09 45 50	+13 28,3	1,01245	+04 03	15 49
20	149,25	09 56 60	+12 29,9	1,01187	+03 22	15 50
23	152,02	10 08 05	+11 29,8	1,01125	+02 37	15 50
26	154,78	10 19 06	+10 28,1	1,01059	+01 48	15 51
29	157,52	10 30 04	+09 24,9	1,00990	+00 55	15 52
сентябрь						
1	160,24	10 40 58	+08 20,3	1,00919	−00 01	15 52
4	162,95	10 51 49	+07 14,5	1,00846	−00 60	15 53
7	165,66	11 02 38	+06 07,7	1,00773	−02 01	15 54
10	168,36	11 13 26	+05 00,0	1,00698	−03 03	15 55
13	171,05	11 24 12	+03 51,5	1,00621	−04 06	15 55
16	173,74	11 34 58	+02 42,3	1,00542	−05 10	15 56
19	176,43	11 45 44	+01 32,7	1,00461	−06 14	15 57
22	179,12	11 56 30	+00 22,8	1,00376	−07 17	15 58
25	181,82	12 07 17	−00 47,3	1,00290	−08 20	15 58
28	184,52	12 18 05	−01 57,4	1,00204	−09 21	15 59
октябрь						
1	187,23	12 28 55	−03 07,3	1,00117	−10 21	16 00
4	189,95	12 39 47	−04 17,0	1,00031	−11 17	16 01
7	192,68	12 50 43	−05 26,1	0,99946	−12 11	16 02
10	195,43	13 01 42	−06 34,7	0,99862	−13 00	16 03
13	198,19	13 12 46	−07 42,5	0,99778	−13 45	16 03
16	200,98	13 23 54	−08 49,3	0,99694	−14 26	16 04
19	203,78	13 35 08	−09 55,1	0,99609	−15 01	16 05
22	206,61	13 46 27	−10 59,5	0,99525	−15 30	16 06
25	209,47	13 57 53	−12 02,4	0,99440	−15 54	16 07
28	212,35	14 09 24	−13 03,7	0,99358	−16 11	16 07
31	215,26	14 21 02	−14 03,1	0,99278	−16 21	16 08
ноябрь						
3	218,20	14 32 47	−15 00,5	0,99201	−16 24	16 09
6	221,17	14 44 40	−15 55,7	0,99127	−16 20	16 10
9	224,17	14 56 40	−16 48,5	0,99056	−16 08	16 10
12	227,20	15 08 48	−17 38,8	0,98987	−15 49	16 11
15	230,27	15 21 04	−18 26,3	0,98920	−15 21	16 12
18	233,36	15 33 27	−19 10,9	0,98855	−14 46	16 12
21	236,49	15 45 58	−19 52,5	0,98792	−14 04	16 13
24	239,65°	$15^h\,58^m35^s$	−20° 30,7′	0,98732	-13^m15^s	16′ 14″

Продолжение таблицы 35

Дата	$l_\odot$	$\alpha_\odot$	$\delta_\odot$	R	η	$r_\odot$
27	242,83	16 11 20	−21 05,6	0,98675	−12 19	16 14
30	246,05	16 24 11	−21 36,8	0,98623	−11 16	16 15
декабрь						
3	249,28	16 37 08	−22 04,4	0,98575	−10 08	16 15
6	252,54	16 50 10	−22 28,1	0,98533	−08 54	16 15
9	255,82	17 03 18	−22 47,9	0,98495	−07 36	16 16
12	259,12	17 16 29	−23 03,7	0,98461	−06 13	16 16
15	262,44	17 29 44	−23 15,4	0,98430	−04 47	16 17
18	265,76	17 43 02	−23 22,9	0,98403	−03 19	16 17
21	269,09	17 56 21	−23 26,2	0,98379	−01 50	16 17
24	272,42	18 09 40	−23 25,2	0,98358	−00 20	16 17
27	275,74	18 22 59	−23 20,0	0,98343	+01 09	16 17
30	279,07	18 36 16	−23 10,6	0,98333	+02 36	16 17

Таблица 36

Эфемериды для наблюдений Солнца

P_0 — позиционный угол оси вращения Солнца, B_0 — гелиографическая широта центра видимого диска Солнца, $(90^\circ - B_0)$ — угол между северным направлением оси вращения Солнца и линией Солнце—Земля.

Дата		P_0	B_0	Дата		P	B_0	Дата		P_0	B_0
Январь	1	+2,4°	−3,0°	Май	1	−24,4°	−4,2°	Сентябрь	1	+20,9°	+7,2°
	5	+0,5	−3,5		5	−23,6	−3,8		5	+21,9	+7,2
	10	−2,0	−4,0		10	−22,5	−3,2		10	+23,0	+7,2
	15	−4,3	−4,6		15	−21,3	−2,7		15	+24,0	+7,2
	20	−6,7	−5,0		20	−19,8	−2,1		20	+24,8	+7,1
	25	−8,9	−5,5		25	−18,3	−1,5		25	+25,5	+7,0
Февраль	1	−11,9	−6,0	Июнь	1	−15,8	−0,7	Октябрь	1	+26,0	+6,7
	5	−13,5	−6,3		5	−14,5	−0,2		0	+26,3	+6,5
	10	−15,4	−6,6		10	−12,3	+0,4		10	+26,4	+6,2
	15	−17,2	−6,8		15	−10,2	+1,0		15	+26,3	+5,9
	20	−18,9	−7,0		20	−8,0	+1,6		20	+26,1	+5,5
	25	−20,3	−7,1		25	−5,8	+2,2		25	+25,7	+5,1
Март	1	−21,4	−7,2	Июль	1	−3,1	+2,9	Ноябрь	1	+24,7	+4,4
	5	−22,4	−7,2		5	−1,3	+3,3		0	+24,2	+4,0
	10	−23,5	−7,2		10	+1,0	+3,8		10	+23,0	+3,4
	15	−24,4	−7,2		15	+3,3	+4,3		15	+21,7	+2,8
	20	−25,2	−7,1		20	+5,5	+4,8		20	+20,3	+2,3
	25	−25,7	−6,9		25	+7,6	+5,2		25	+18,0	+1,6
Апрель	1	−26,2	−6,5	Август	1	+10,5	+5,8	Декабрь	1	+16,5	+0,9
	5	−26,4	−6,3		5	+12,1	+6,1		5	+14,9	+0,4
	10	−26,4	−6,0		10	+14,0	+6,4		10	+12,8	−0,3
	15	−26,2	−5,6		15	+15,8	+6,6		15	+10,6	−0,9
	20	−25,8	−5,2		20	+17,4	+6,9		20	+8,3	−1,5
	25	−25,3	−4,8		25	+19,0	+7,0		25	+5,9	−2,2

Таблица 37

Поправка гелиографической долготы Δl

A \ b'	0°	10°	20°	30°	40°	50°
0°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,2
2	0,0	0,4	0,7	1,2	1,7	2,4
3	0,0	0,5	1,1	1,7	2,5	3,6
4	0,0	0,7	1,5	2,3	3,4	4,8
5	0,0	0,9	1,8	2,9	4,2	6,0
6	0,0	1,1	2,2	3,5	5,0	7,2
7	0,0	1,2	2,5	4,0	5,9	8,3

Δl имеет знак произведения $B_0 \cdot l' \cdot b'$

Таблица 38

Поправка гелиографической широты Δb

При определении Δb: l' \ B_0	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	При определении A: B_0 \ l'
0°	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	90°
5	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	85
10	0,0	1,0	2,0	3,0	3,9	4,9	5,9	6,9	80
15	0,0	1,0	1,9	2,9	3,9	4,8	5,8	6,8	75
20	0,0	0,9	1,9	2,8	3,8	4,7	5,6	6,6	70
25	0,0	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3	65
30	0,0	0,9	1,7	2,6	3,5	4,3	5,2	6,1	60
35	0,0	0,8	1,6	2,5	3,3	4,1	4,9	5,7	55
40	0,0	0,8	1,5	2,3	3,1	3,8	4,6	5,4	50
45	0,0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	45
50	0,0	0,6	1,3	1,9	2,6	3,2	3,8	4,5	40
55	0,0	0,6	1,1	1,7	2,3	2,9	3,4	4,0	35
60	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	30
65	0,0	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	3,0	25
70	0,0	0,3	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	2,4	20
75	0,0	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	15
80	0,0	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	10
85	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	5
90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

Δb имеет знак B_0

Таблица 39

Годовая прецессия по склонению P_δ ($n = +20{,}04300''$)

(для α от 12^h до 24^h знак надо изменить на противоположный)

α	00^m	05^m	10^m	15^m	20^m	25^m	30^m	35^m	40^m	45^m	50^m	55^m	60^m	α
0^h	+20,04″	+20,04″	+20,02″	+20,00″	+19,96″	+19,92″	+19,87″	+19,81″	+19,73″	+19,66″	+19,56″	+19,47″	+19,36″	12^h
1	+19,36	+19,24	+19,11	+18,98	+18,83	+18,68	+18,51	+18,35	+18,16	+17,97	+17,77	+17,57	+17,35	13
2	+17,35	+17,14	+16,90	+16,66	+16,41	+16,16	+15,89	+15,63	+15,35	+15,07	+14,77	+14,48	+14,17	14
3	+14,17	+13,86	+13,54	+13,22	+12,88	+12,54	+12,20	+11,85	+11,49	+11,14	+10,77	+10,40	+10,02	15
4	+10,02	+9,64	+9,25	+8,86	+8,47	+8,07	+7,67	+7,26	+6,85	+6,44	+6,03	+5,61	+5,19	16
5	+5,19	+4,77	+4,34	+3,91	+3,48	+3,05	+2,62	+2,18	+1,75	+1,31	+0,87	+0,44	+0,00	17
6	0,00	−0,44	−0,87	−1,31	−1,75	−2,18	−2,62	−3,05	−3,48	−3,91	−4,34	−4,77	−5,19	18
7	−5,19	−5,61	−6,03	−6,44	−6,85	−7,26	−7,67	−8,07	−8,47	−8,86	−9,25	−9,64	−10,02	19
8	−10,02	−10,40	−10,77	−11,14	−11,49	−11,85	−12,20	−12,54	−12,88	−13,22	−13,54	−13,86	−14,17	20
9	−14,17	−14,48	−14,77	−15,07	−15,35	−15,63	−15,89	−16,16	−16,41	−16,66	−16,90	−17,14	−17,35	21
10	−17,35	−17,57	−17,77	−17,97	−18,16	−18,35	−18,51	−18,68	−18,83	−18,98	−19,11	−19,34	−19,36	22
11	−19,36	−19,47	−19,56	−19,66	−19,73	−19,81	−19,87	−19,92	−19,96	−20,00	−20,02	−20,04	−20,04	23

Таблица 40

Годовая прецессия по прямому восхождению $P_\alpha = 3{,}074976 + 1{,}3362 \sin\alpha \operatorname{tg}\delta$

Для северного склонения		+80°	+75°	+70°	+65°	+60°	+55°	+50°	+45°	+40°	+35°	+30°	+25°	+20°	+15°	+10°	+5°	0°	$\delta_с$ / $\alpha_ю$	
00^h00^m	12^h00^m	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	12^h00^m	24^h00^m
00 20	11 40	3,73	3,51	3,39	3,32	3,27	3,24	3,21	3,19	3,17	3,15	3,14	3,12	3,11	3,10	3,09	3,08	3,07	12 20	23 40
00 40	11 20	4,39	3,94	3,71	3,57	3,47	3,40	3,35	3,30	3,26	3,23	3,21	3,18	3,16	3,13	3,11	3,09	3,07	12 40	23 20
01 00	11 00	5,04	4,36	4,02	3,81	3,67	3,57	3,48	3,42	3,36	3,31	3,27	3,23	3,20	3,16	3,13	3,10	3,07	13 00	23 00
01 20	10 40	5,66	4,77	4,33	4,05	3,86	3,72	3,62	3,53	3,45	3,39	3,34	3,28	3,24	3,20	3,15	3,11	3,07	13 20	22 40
01 40	10 20	6,27	5,18	4,62	4,28	4,05	3,88	3,74	3,64	3,55	3,47	3,40	3,33	3,28	3,22	3,17	3,12	3,07	13 40	22 20
02 00	10 00	6,86	5,56	4,91	4,50	4,23	4,03	3,87	3,74	3,63	3,54	3,46	3,38	3,32	3,25	3,19	3,13	3,07	14 00	22 00
02 20	09 40	7,42	5,93	5,18	4,71	4,40	4,17	3,98	3,84	3,71	3,61	3,52	3,41	3,35	3,28	3,21	3,14	3,07	14 20	21 40
02 40	09 20	7,93	6,28	5,43	4,91	4,56	4,30	4,09	3,93	3,79	3,67	3,57	3,45	3,39	3,30	3,22	3,15	3,07	14 40	21 20
03 00	09 00	8,43	6,60	5,66	5,10	4,71	4,42	4,20	4,02	3,86	3,73	3,62	3,49	3,42	3,33	3,23	3,15	3,07	15 00	21 00
03 20	08 40	8,88	6,90	5,88	5,27	4,84	4,53	4,29	4,10	3,93	3,79	3,66	3,53	3,44	3,35	3,25	3,16	3,07	15 20	20 40
03 40	08 20	9,28	7,16	6,08	5,42	4,97	4,63	4,38	4,17	3,99	3,84	3,70	3,57	3,47	3,37	3,26	3,17	3,07	15 40	20 20
04 00	08 00	9,63	7,39	6,25	5,55	5,08	4,72	4,45	4,23	4,04	3,88	3,74	3,60	3,49	3,38	3,28	3,17	3,07	16 00	20 00
04 20	07 40	9,94	7,59	6,40	5,67	5,17	4,80	4,51	4,28	4,09	3,92	3,77	3,62	3,51	3,40	3,29	3,18	3,07	16 20	19 40
04 40	07 20	10,19	7,76	6,52	5,76	5,25	4,86	4,57	4,32	4,12	3,95	3,80	3,65	3,53	3,41	3,29	3,18	3,07	16 40	19 20
05 00	07 00	10,39	7,89	6,62	5,84	5,31	4,91	4,61	4,36	4,15	3,98	3,82	3,67	3,54	3,42	3,30	3,18	3,07	17 00	19 00
05 20	06 40	10,5	7,98	6,69	5,90	5,35	4,95	4,64	4,39	4,18	3,99	3,83	3,68	3,55	3,42	3,30	3,19	3,07	17 20	18 40
05 40	06 20	10,6	8,03	6,73	5,93	5,38	4,97	4,66	4,40	4,19	4,00	3,84	3,69	3,56	3,43	3,31	3,19	3,07	17 40	18 20
06 00	06 00	10,6	8,06	6,74	5,94	5,39	4,98	4,67	4,41	4,19	4,01	3,84	3,70	3,56	3,43	3,31	3,19	3,07	18 00	18 00
$\alpha_с$ / $\delta_ю$		−80°	−75°	−70°	−65°	−60°	−55°	−50°	−45°	−40°	−35°	−30°	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	Для южного склонения	

Продолжение таблицы 40

Для северного склонения		+80°	+75°	+70°	+65°	+60°	+55°	+50°	+45°	+40°	+35°	+30°	+25°	+20°	+15°	+10°	+5°	0°	δ_c / $\alpha_ю$	
12^h00^m	24^h00^m	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	$3{,}07^s$	00^h00^m	12^h00^m
12 20	23 40	2,41	2,63	2,75	2,82	2,87	2,90	2,93	2,96	2,98	2,99	3,01	3,02	3,03	3,04	3,05	3,06	3,07	00 20	11 40
12 40	23 20	1,75	2,20	2,43	2,57	2,67	2,74	2,80	2,84	2,88	2,91	2,94	2,96	2,99	3,01	3,03	3,05	3,07	00 40	11 20
13 00	23 00	1,10	1,78	2,12	2,33	2,47	2,58	2,66	2,72	2,78	2,83	2,78	2,91	2,95	2,98	3,01	3,04	3,07	01 00	11 00
13 20	22 40	0,48	1,37	1,81	2,09	2,28	2,42	2,53	2,61	2,69	2,75	2,81	2,86	2,91	2,95	2,99	3,03	3,07	01 20	10 40
13 40	22 20	0,13	0,96	1,52	1,86	2,09	2,26	2,40	2,50	2,60	2,67	2,75	2,81	2,87	2,92	2,97	3,02	3,07	01 40	10 20
14 00	22 00	0,72	0,58	1,23	1,64	1,92	2,12	2,28	2,40	2,51	2,60	2,69	2,76	2,83	2,89	2,96	3,01	3,07	02 00	10 00
14 20	21 40	1,28	0,21	0,96	1,43	1,75	1,98	2,16	2,30	2,43	2,53	2,63	2,71	2,79	2,87	2,94	3,00	3,07	02 20	09 40
14 40	21 20	1,79	0,14	0,71	1,23	1,58	1,84	2,05	2,20	2,35	2,47	2,58	2,67	2,76	2,84	2,92	3,00	3,07	02 40	09 20
15 00	21 00	2,29	0,46	0,48	1,04	2,44	1,72	1,95	2,13	2,28	2,41	2,53	2,63	2,73	2,82	2,91	2,99	3,07	03 00	09 00
15 20	20 40	2,74	0,75	0,26	0,87	1,30	1,61	1,85	2,03	2,21	2,35	2,48	2,59	2,70	2,80	2,89	2,98	3,07	03 20	08 40
15 40	20 20	3,14	1,02	0,06	0,72	1,18	1,51	1,77	1,98	2,15	2,30	2,44	2,56	2,67	2,78	2,88	2,97	3,07	03 40	08 20
16 00	20 00	3,49	1,25	0,11	0,59	1,07	1,42	1,69	1,91	2,10	2,26	2,40	2,53	2,65	2,76	2,87	2,97	3,07	04 00	08 00
16 20	19 40	3,80	1,45	0,26	0,47	0,97	1,34	1,63	1,86	2,06	2,22	2,37	2,50	2,63	2,75	2,86	2,97	3,07	04 20	07 40
16 40	19 20	4,05	1,62	0,38	0,38	0,90	1,28	1,58	1,80	2,02	2,19	2,35	2,49	2,62	2,73	2,85	2,96	3,07	04 40	07 20
17 00	19 00	4,25	1,75	0,48	0,30	0,84	1,23	1,53	1,78	1,99	2,16	2,33	2,47	2,60	2,73	2,85	2,96	3,07	05 00	07 00
17 20	18 40	4,40	1,84	0,55	0,25	0,79	1,19	1,50	1,76	1,97	2,15	2,31	2,46	2,59	2,72	2,84	2,96	3,07	05 20	06 40
17 40	18 20	4,48	1,89	0,59	0,21	0,77	1,17	1,49	1,74	1,96	2,14	2,30	2,45	2,58	2,71	2,84	2,95	3,07	05 40	06 20
18 00	18 00	4,51	1,92	0,60	0,20	0,76	1,16	1,48	1,73	1,95	2,13	2,30	2,45	2,58	2,71	2,83	2,95	3,07	06 00	06 00
α_c / $\delta_ю$		−80°	−75°	−70°	−65°	−60°	−55°	−50°	−45°	−40°	−35°	−30°	−25°	−20°	−15°	−10°	−5°	0°	Для южного склонения	

Звезды, звездные скопления, туманности

Таблица 41

Названия и обозначения созвездий

Даны: 1) русское название, 2) латинское название, 3) положение: созвездия, лежащие целиком или большей частью к северу от +35° склонения, обозначены буквой N, южнее −35° склонения обозначены буквой S, зодиакальные созвездия обозначены буквой Z, 4) родительный падеж (для именования звезд созвездия), 5) международное сокращенное трехбуквенное обозначение, 6) площадь созвездия в квадратных градусах, 7) число звезд ярче $6{,}0^m$.

Русское название	Латинское название	Положение	Родительный падеж	Обозначение	Площадь в кв. град.	Число звезд ярче $6{,}0^m$
Андромеда	Andrómeda	N	Andrómedae	And	722	100
Близнецы	Gémini	Z	Geminórum	Gem	514	70
Большая Медведица	Ursa Májor	N	Ursae Májoris	UMa	1280	125
Большой Пес	Cánis Májor		Cánis Májoris	CMa	380	80
Весы	Líbra	Z	Líbrae	Lib	538	50
Водолей	Aquárius	Z	Aquárii	Aqr	980	90
Возничий	Áuriga	N	Aurigae	Aur	657	90
Волк	Lúpus	S	Lupi	Lup	334	70
Волопас	Boótes		Boótis	Boo	907	90
Волосы Вероники	Cóma (Bereníces)		Cómae (Bereníces)	Com	386	50
Ворон	Córvus		Córvi	Crv	184	15
Геркулес	Hércules		Hérculis	Her	1225	140
Гидра	Hydra		Hydrae	Hya	1303	130
Голубь	Colúmba	S	Colúmbae	Col	270	40
Гончие Псы	Cánes Venátici	N	Cánum Venaticórum	CVn	465	30
Дева	Vírgo	Z	Virgínis	Vir	1294	95
Дельфин	Delphínus		Delphíni	Del	189	30
Дракон	Dráco	N	Dracónis	Dra	1083	80
Единорог	Monocéros		Monocerótis	Mon	482	85
Жертвенник	Ara	S	Árae	Ara	237	30
Живописец	Píctor	S	Píctoris	Pic	247	30
Жираф	Camelopardális	N	Camelopardális	Cam	757	50
Журавль	Grus	S	Gruis	Gru	366	30

Продолжение таблицы 41

Русское название	Латинское название	Положение	Родительный падеж	Обозначение	Площадь в кв. град.	Число звезд ярче $6{,}0^m$
Заяц	Lepus		Leporis	Lep	290	40
Змееносец или Офиух	Ophiuchus		Ophiuchi	Oph	948	100
Змея	Serpens		Serpentis	Ser	637	60
Золотая Рыба	Dorado	S	Doradus	Dor	179	20
Индеец	Indus	S	Índi	Ind	294	20
Кассиопея	Cassiopeia	N	Cassiopeiae	Cas	598	90
Кентавр	Centaurus	S	Centauri	Cen	1060	150
Киль	Carina	S	Carinae	Car	494	110
Кит	Cetus		Ceti	Cet	1231	100
Козерог	Capricórnus	Z	Capricórni	Cap	414	50
Компас	Pyxis		Pyxidis	Pyx	221	25
Корма	Púppis		Púppis	Pup	673	140
Лебедь	Cygnus	N	Cygni	Cyg	804	150
Лев	Leo	Z	Leonis	Leo	947	70
Летучая Рыба	Volans	S	Volantis	Vol	141	20
Лира	Lyra	N	Lyrae	Lyr	286	45
Лисичка	Vulpecula		Vulpéculae	Vul	268	45
Малая Медведица	Ursa Mínor	N	Ursae Minóris	UMi	256	20
Малый Конь	Equuleus		Equulei	Equ	72	10
Малый Лев	Leo Mínor		Leonis Minóris	LMi	232	20
Малый Пес	Canis Minór		Canis Minoris	CMi	183	20
Микроскоп	Microscopium	S	Microscópii	Mic	210	20
Муха	Musca	S	Múscae	Mus	138	30
Насос	Antlia	S	Antliae	Ant	239	20
Наугольник	Norma	S	Nórmae	Nor	165	20
Овен	Aries	Z	Arietis	Ari	441	50
Октант	Octans	S	Octantís	Oct	291	35
Орел	Aquila		Aquilae	Aql	652	70
Орион	Orión		Orionis	Ori	594	120
Павлин	Pavo	S	Pavónis	Pav	378	45
Паруса	Vela	S	Velorum	Vel	500	110
Пегас	Pegasus		Pegasi	Peg	1121	100
Персей	Pérseus	N	Persei	Per	615	90
Печь	Fórnax		Fornacis	For	398	35
Райская Птица	Apus	S	Apodis	Aps	206	20
Рак	Cáncer	Z	Cáneri	Cnc	506	60
Резец	Caelum	S	Caeli	Cae	125	10
Рыбы	Písces	Z	Píscium	Psc	889	75
Рысь	Lynx	N	Lyncís	Lyn	545	60

Продолжение таблицы 41

Русское название	Латинское название	Положение	Родительный падеж	Обозначение	Площадь в кв. град.	Число звезд ярче $6{,}0^m$
Северная Корона	Corona Borealis		Corónae Borealis	CrB	179	20
Секстант	Sextans		Sextantis	Sex	314	25
Сетка	Retículum	S	Retículi	Ret	114	15
Скорпион	Scórpius	Z	Scórpii	Sco	497	100
Скульптор	Sculptor		Sculptoris	Scl	475	30
Столовая Гора	Mensa	S	Mensae	Men	153	15
Стрела	Sagítta		Sagíttae	Sge	80	20
Стрелец	Sagittarius	Z	Sagittárii	Sgr	867	115
Телескоп	Telescopium	S	Telescopii	Tel	252	30
Телец	Taurus	Z	Tauri	Tau	797	125
Треугольник	Triangulum		Triánguli	Tri	132	15
Тукан	Tucána	S	Tucánae	Tuc	295	25
Феникс	Phóenix	S	Phóenicis	Phe	469	40
Хамелеон	Chamaeleon	S	Chamaeleóntis	Cha	132	20
Цефей	Cepheus	N	Cephei	Cep	588	60
Циркуль	Circínus	S	Circíni	Cir	93	20
Часы	Horologium	S	Horológii	Hor	249	20
Чаша	Crater		Cratéris	Crt	282	20
Щит	Scútum		Scúti	Set	109	20
Эридан	Eridanus		Eridáni	Eri	1138	100
Южная Гидра	Hydrus	S	Hydri	Hyi	243	20
Южный Крест	Crus	S	Crúcis	Cru	68	30
Южная Корона	Corona Australis	S	Corónae Australis	Cra	128	25
Южная Рыба	Píscis Austrínus		Píscis Austríni	PsA	245	25
Южный Треугольник	Triangulum Australe	S	Trianguli Australis	TrA	110	20
Ящерица	Lacerta	N	Lacertae	Lac	201	35

Таблица 42

Названия созвездий (в алфавитном порядке латинских названий)

Латинское название	Русское название	Кто дал латинское название и когда
Andromeda	Андромеда	Евдокс Книдский, ок. 379 г. до н. э.
Antlia	Насос	Лакайль, 1753
Apus	Райская Птица	моряк П. Теодор, 1592–1596 (опубл. Байером в «Uranometria», 1603)
Aquarius	Водолей	К. Птолемей, ок. 140 г.
Aquila	Орел	Евдокс
Ara	Жертвенник	Евдокс

Продолжение таблицы 42

Латинское название	Русское название	Кто дал латинское название и когда
Aries	Овен	Евдокс
Auriga	Возничий	Евдокс
Bootes	Волопас	Евдокс
Caelum (Sculptoris)	Резец (скульптора)	Лакайль
Camelopardalis	Жираф	П. Теодор, а затем Барчиус (зять Кеплера), 1624
Cancer	Рак	до Евдокса
Canes Venatici	Гончие Псы	Я. Гевелий, 1690
Canis Major	Большой Пес	Птолемей
Canis Minor	Малый Пес	Птолемей
Capricornus	Козерог	Птолемей
Carina	Киль	Лакайль
Cassiopeia	Кассиопея	Евдокс
Centaurus	Кентавр	Евдокс
Cepheus	Цефей	Евдокс
Cetus	Кит	Птолемей
Chamaeleon	Хамелеон	П. Теодор
Circinus	Циркуль	Лакайль
Columba	Голубь	П. Плациус (Байер, 1603)
Coma (Berenices)	Волосы Вероники	Конон — друг Аристотеля
Corona Australis	Южная Корона	Евдокс
Corona Borealis	Северная Корона	Евдокс
Corvus	Ворон	Евдокс
Crater	Чаша	Евдокс
Crux	Южный Крест	А. Ройе, 1679 «Uranographia», Paris
Cygnus	Лебедь	Евдокс
Delphinus	Дельфин	Евдокс
Dorado	Золотая Рыба	П. Теодор
Draco	Дракон	Евдокс
Equuleus	Малый Конь	Лакайль, 1753
Eridanus	Эридан	Птолемей
Fornax	Печь	Лакайль, 1753
Gemini	Близнецы	Евдокс
Grus	Журавль	П. Теодор (Байер, 1603)
Hercules	Геркулес	Евдокс
Horologium	Часы	Лакайль, 1753
Hydra	Гидра	Евдокс
Hydrus	Южная Гидра	П. Теодор (Байер, 1603)
Indus	Индеец	П. Теодор (Байер, 1603)
Lacerta	Ящерица	Гевелий, 1690
Leo	Лев	Евдокс
Leo Minor	Малый Лев	Гевелий, 1690

Продолжение таблицы 42

Латинское название	Русское название	Кто дал латинское название и когда
Lepus	Заяц	Евдокс
Libra	Весы	Жрецы Египта
Lupus	Волк	Птолемей
Lynx	Рысь	Гевелий, 1690
Lyra	Лира	Евдокс
Mensa (Mons Mensa)	Столовая Гора	Лакайль, 1753
Microscopium	Микроскоп	Лакайль, 1753
Monoceros	Единорог	Барчиус, 1624
Musca	Муха	П. Теодор (Байер, 1603)
Norma	Наугольник	Лакайль, 1753
Octans	Октант	Лакайль, 1753
Ophiuchus (Serpentarius)	Змееносец	Евдокс
Orion	Орион	Евдокс
Pavo	Павлин	П. Теодор (Байер, 1603)
Pegasus	Пегас	до Евдокса
Perseus	Персей	до Евдокса
Phoenix	Феникс	П. Теодор (Байер, 1603)
Pictor	Живописец	Лакайль, 1753
Pisces	Рыбы	Евдокс
Piscis Austrinus	Южная Рыба	П. Теодор (Байер, 1603)
Puppis	Корма	Лакайль, 1753
Pyxis	Компас	Лакайль, 1753
Reticulum	Сетка	Лакайль, 1753
Sagitta	Стрела	Евдокс
Sagittarius	Стрелец	Евдокс
Scorpius	Скорпион	Евдокс
Sculplor	Скульптор	Лакайль, 1753
Scutum	Щит (Собесского)	Гевелий, 1690
Serpens	Змея	Евдокс
Sextans	Секстант	Гевелий, 1690
Taurus	Телец	Евдокс
Telescopium	Телескоп	Лакайль, 1753
Triangulum	Треугольник	Евдокс
Triangulum Australe	Южный Треугольник	П. Теодор (Байер, 1603)
Tucana	Тукан	Евдокс
Ursa Major	Большая Медведица	Евдокс
Ursa Minor	Малая Медведица	Фалес Милетский, VI в. до н. э.
Vela	Паруса	Байер, 1603
Virgo	Дева	Евдокс
Volans (Piscis Volans)	Летучая Рыба	Байер, 1603
Vulpecula	Лисичка	Гевелий, 1690

Таблица 43

Собственные имена некоторых ярких звезд

(имена многих других см. в табл. 46)

Алгени́б	γ Peg	Бе́нетнаш	η UMa	Мира	o Cet
Алго́ль	β Per	Бетельге́йзе	α Ori	Мира́х	β And
Алиот	ε UMa	Ве́га	α Lyr	Мица́р	ζ_1 UMa
Альбире́о	β Cyg	Ге́мма	α CrB	Плейо́на	28 Tau
Альдебаран	α Tau	Дене́б	α Cyg	Поллу́кс	β Gem
Альдерами́н	α Cep	Денебо́ла	β Leo	Полярная	α UMi
Алько́р	80 UMa	Дубхе	α UMa	Про́цион	α CMi
Альтаи́р	α Aql	Кано́пус	α Car	Ре́гул	α Leo
Альцио́на	η Tau	Капе́лла	α Aur	Ри́гель	β Ori
Антарес	α Sco	Ка́стор	α Gem	Сириус	α CMa
Арктур	α Boo	Ма́йя	20 Tau	Спи́ка	α Vir
Астеропа	21 Tau	Маркаб	α Peg	Тайге́та	19 Tau
Атлас	27 Tau	Ме́рах	β UMa	Фомальга́ут	α PsA
Беллатри́кс	γ Ori	Меро́па	23 Tau	Эле́ктра	17 Tau

Таблица 44

Двадцать самых ярких звезд неба

Рядом со значением блеска звезды (V) отмечена его значительная переменность v или слабая переменность (v?). Параллакс (p) указан в угловых секундах. Собственное движение дано в виде его абсолютной величины (μ) и направления (θ — позиционный угол). Рядом со значением лучевой скорости (V_r) отмечена ее переменность (v) или спектральная двойственность звезды (b). Прочие данные см. в табл. 46.

Звезда		V	Спектр	p, ″	r, пк	M_V	$L_V/L_\odot$	μ, ″/год	θ, °	V_r, км/с
Солнце	—	$-26{,}75^m$	G2V	—	—	+4,8	1	—	—	—
Сириус	αCMa	−1,46	A1Vm	0,379	2,6	+1,5	21	1,324	204	−8b
Канопус	αCar	−0,72	F0II	0,010	100	−5,7	16 000	0,034	50	+21
Толиман	αCen	−0,29	G2V + K1V	0,742	1,3	+4,1	1,9	3,678	281	−23b
Арктур	αBoo	−0,04	K1,5IIIp	0,089	11,2	−0,3	110	2,281	209	−5v
Вега	αLyr	0,03v?	A0Va	0,129	7,8	+0,6	50	0,348	45	−14v
Капелла	αAur	0,08	G5III + G0III	0,077	13,0	−0,5	134	0,430	169	+30b
Ригель	βOri	0,18v?	B8Ia	0,004	250	−6,8	45 000	0,004	236	+21b
Процион	αCMi	0,38	F5IV–V	0,286	3,5	2,7	7,3	1,248	214	−3b
Ахернар	αEri	0,46	B3Vpe	0,023	43,5	−2,7	1 000	0,108	105	+16v
Бетельгейзе	αOri	0,50v	M2Iab	0,008	125	−5,0	8 400	0,028	68	+21b
Хадар	βCen	0,61v?	B1III	0,006	170	−5,5	14 000	0,030	221	+6b
Акрукс	αCru	0,76	B0,5IV + B1V	0,010	100	−4,2	4 200	0,031	240	−11b
Альтаир	αAql	0,77	A7V	0,194	5,2	+2,2	11	0,662	54	−26
Альдебаран	αTau	0,85v	K5III	0,050	20	−0,7	160	0,200	161	+54b
Антарес	αSco	0,96v	M1,5Iab + B4Ve	0,005	200	−5,5	14 000	0,024	197	−3b
Спика	αVir	0,98v?	B1III–IV + B2V	0,012	83	−3,6	2 400	0,054	232	+1b
Поллукс	βGem	1,14	K0IIIb	0,097	10,3	+1,1	31	0,629	265	+3v
Фомальгаут	αPsA	1,16	A3V	0,130	7,7	+1,7	17	0,373	116	+7
Мимоза	βCru	1,25v?	B0,5III	0,009	110	−4,0	3 200	0,042	246	+16b
Денеб	αCyg	1,25v?	A2Ia	0,001	1000	−8,8	270 000	0,005	11	−5v

Таблица 45

Ближайшие к Солнцу звезды (до 4,1 пк)

Координаты J2000.0; параллакс (p) в угловых секундах; μ — собственное движение; θ — позиционный угол собственного движения; V — полная пространственная скорость звезды относительно Солнца с учетом ее лучевой скорости и μ: знак V указывает на приближение (−) или удаление (+) звезды от Солнца.

Источники: *Alan H. Batten* The Nearest Stars // Observer's Handbook 2001. RAS of Canada; Астрономический календарь на 1999 г. Под ред. О. С. Угольникова. М.: Звездочет, 1998; *Pasachoff J. M.* Astronomy. 1991. P. A7; Moor P. The Data Book of Astronomy. IoP Pub., 2000.

Звезда	α	δ	m_V	Спектр	p	M_V	$L_V/L_\odot$	μ, ″/год	θ	V, км/с	Примечания
Ближайшая Кентавра	$14^h30{,}0^m$	−62°41′	$11{,}01^m$	M5,5Ve	0,772″	$15{,}45^m$	0,000 056	3,85	281°	−29	HIP 70890, α Cen C
α Кентавра A	14 39,6	−60 50	−0,01	G2V	0,742	4,34	1,6	3,71	277	−32	HIP 71683, HD 128620
B	14 39,6	−60 50	1,35	K1V	0,742	5,70	0,44	3,72	285	−32	HIP 71681, HD 128621
Звезда Барнарда	17 57,9	+04 41	9,54	M5V	0,549	13,24	0,000 43	10,36	356	−139	HIP 87937, Gliese 699
Вольф 359	10 56,7	+07 00	13,46	M6,5Ve	0,419	16,57	0,000 02	4,70	235	+55	Gliese 406, CN Leo
BD+36°2147	11 03,4	+35 58	7,49	M2,1V	0,392	10,46	0,005 5	4,80	187	−104	HIP 54035, Lalande 21185
Сириус A	6 45,1	−16 43	−1,44	A1Vm	0,379	1,45	22,3	1,34	204	−18	HIP 32349, HD 48915
B	6 45,1	−16 43	8,44	DA2	0,379	11,33	0,002 5				
Лейтен 726–8 = A	1 38,8	−17 57	12,56	M5,5Ve	0,373	15,42	0,000 058	3,36	80	+52	
UV Cet = B	1 38,8	−17 57	12,96	M5,5Ve	0,373	15,82	0,000 04			+53	
Росс 154	18 49,7	−23 50	10,37	M3,6Ve	0,336	13,00	0,000 54	6,66	107	−10	Gliese 729, V1216 Sgr, HIP 92403
Росс 248	23 41,9	+44 09	12,27	M5,5Ve	0,316	14,77	0,000 11	1,59	176	−84	Gliese 905, HH And
ε Эридана	3 32,9	−09 27	3,72	K2V	0,311	6,18	0,29	0,98	271	+22	HIP 16537, HD 22049
CD-36°15693	23 05,9	−35 51	7,35	M2V	0,304	9,76	0,011	6,90	79	+108	HIP 114046, HD 217987
Росс 128	11 47,6	+00 48	11,12	M5V	0,300	13,50	0,000 34	1,36	154	−26	Gliese 447, FI Vir, HIP 57548
Лейтен 789–6 ABC	22 38,4	−15 18	12,32	M5,5V	0,290	14,63	0,000 12	3,26	47	−80	
61 Лебедя A	21 06,9	+38 45	5,20	K5V	0,287	7,49	0,086	5,28	52	−108	HIP 104214, HD 201091
B	21 06,9	+38 44	6,05	K7V	0,285	8,33	0,039	5,17	53	−107	HIP 104217, HD 201092

Продолжение таблицы 45

Звезда	α	δ	m_V	Спектр	p	M_V	$L_V/L_\odot$	μ, ″/год	θ	V, км/с	Примечания
Процион A	$7^h39{,}3^m$	+05″14′	$0{,}40^m$	F5IV–V	0,286″	$2{,}68^m$	7,2	1,26	215°	−21	α CMi, HIP 37279, HD 61421
B	7 39,3	+05 14	10,7	DF	0,286	13,0	0,000 54				
BD + 59°1915 B	18 42,9	+59 37	9,70	M4V	0,284	11,97	0,001 4	2,31	323	+39	HIP 91772, HD 173740, Struve 2398AB
A	18 42,9	+59 37	8,94	M3,5V	0,280	11,18	0,002 9	2,24	324	−38	HIP 91768, HD 173739, ADS 11632 AB
BD + 43°44 A	0 18,1	+44 00	8,09	M2V	0,280	10,33	0,006 3	2,92	82	+51	HIP 1475, GX And, Groombridge 34A
B	0 18,1	+44 00	11,10	M4V	0,280	13,34	0,000 39			+54	GQ And, Groombridge 34B, Gl 15B
G51–15	8 29,8	+26 47	14,81	M6,5Ve	0,276	17,01	0,000 013	1,27	242		GJ 1111
ϵ Индейца	22 03,3	−56 47	4,69	K4Ve	0,276	6,89	0,15	4,70	123	−90	HIP 108870, HD 209100
τ Кита	1 44,1	−15 56	3,49	G8V	0,274	5,68	0,45	1,92	296	−37	HIP 8102, HD 10700
Лейтен 372–58	3 36,0	−44 30	13,03	M4,5V	0,273	15,21	0,000 07	0,83	119		
Лейтен 725–32	1 12,5	−17 00	12,10	M5,5Ve	0,269	14,25	0,000 17	1,37	62	+37	HIP 5643, Gl 54,1
Звезда Лейтена	7 27,4	+05 14	9,84	M4V	0,263	11,94	0,001 4	3,74	171	+72	HIP 36208, BD+5°1668, Gl 273
Звезда Каптейна	5 11,6	−45 01	8,86	M1VIp	0,255	10,89	0,003 7	8,67	131	+294	HIP 24186, HD 33793, CD-45°1841
CD–39°14192	21 17,3	−38 52	6,69	M0Ve	0,253	8,71	0,028	3,46	251	+69	HIP 105090, HD 202560
Крюгер 60 A	22 28,0	+57 42	9,59	M3,5V	0,250	11,58	0,002	0,99	242	−30	HIP 110893, HD 239960
B	22 28,0	+57 42	11,3	M4Ve	0,250	13,3	0,000 41			−37	Gl 860B
Росс 614 A	6 29,4	−02 49	11,12	M4Ve	0,243	13,05	0,000 51	0,93	132	+30	HIP 30920, Gl 234A
B	6 29,4	−02 49	14		0,243	16	0,000 03				Gl 234B, V577 Mon

Таблица 46

Каталог всех звезд ярче $4{,}5^m$

Основой этого каталога послужил Каталог ярчайших звезд (Ochsenbein F., et al. Catalogue of the Brightest Stars. 1988), размещенный в Центре астрономических данных (Страсбург, Франция; http://cdsweb.u-strasbg.fr) под номером V/53A.

Список звезд составлен по созвездиям, расположенным в алфавитном порядке их русских названий (табл. 42 дает список созвездий в алфавитном порядке латинских названий, а табл. 47 дает звезды в порядке прямых восхождений).

В пределах каждого созвездия звезды расположены в порядке уменьшения блеска в фильтре V. Для обеспечения полноты списка до $4{,}5^m$ формальный предел взят $4{,}52^m$.

Каталог состоит из двух частей: **основные данные** и **дополнительные данные**. Слева на каждой странице даны обозначения звезд: греческими буквами в системе Байера, либо латинскими буквами по различным авторам, либо в цифровой системе Флемстида; курсивные числа дают номера по Каталогу ярких звезд (BS) Д. Хоффляйт и В. Уоррена, 1991 г. (V/50 в Страсбурге). Далее следуют:

Основные данные:

— прямое восхождение α и склонение δ для эпохи и равноденствия J2000.0;

— прецессия по прямому восхождению $\Delta\alpha$ и склонению $\Delta\delta$ за 10 лет;

— звездная величина в фильтре V (буква v означает переменность блеска, v? — подозрение в переменности);

— спектральный класс (Спектр) с указанием класса светимости в системе МК и особенностей спектра (см. ниже);

— показатели цвета $B-V$, $U-B$, $V-R$ и $R-I$;

— параллакс p в тысячных долях секунды дуги по измерениям астрометрического спутника HIPPARCOS;

— собственное движение μ_α и μ_δ в тысячных долях секунды дуги за год;

— лучевая скорость V_r в км/с (знак «−» указывает на приближение звезды к Солнцу, «+» — на удаление; справа от значения скорости буквы указывают: V — переменность скорости по неясной причине, SB — спектральная двойная, SB1 — двойная с одной системой линий в спектре, SB2 — с двумя системами линий, O — вычислена орбита);

— скорость осевого вращения звезды в проекции на небо ($v \sin i$);

— количество визуальных компонентов звезды (N);

— разность блеска (Δm) и угловое расстояние (ρ) между указанными затем компонентами. Двоеточие везде означает неуверенность.

В столбце Спектр кроме температурного класса (OBAFGKM) и класса светимости (I — сверхгигант, III — гигант, V — главная последовательность, и т. п.) указаны также особенности спектра (p — пекулярный, e — эмиссионные линии водорода, m — сильные линии поглощения металлов, f — широкие неводородные эмиссионные линии у горячих звезд, n и nn — необычно широкие линии, как правило, обусловленные быстрым вращением звезды), а также наличие линий некоторых редких элементов (Mn, Hg, Cr, Sr, Eu, ...) и соединений (CN, CH).

Дополнительные данные: обозначение звезды, идентичное указанному в Основных данных; номер по Флемстиду (Fl); номер(а) по каталогу BS; номер(а) по каталогу HD; номер по каталогу HIPPARCOS (HIP); Обозначение звезды как переменной (Var), эклиптические координаты (λ, β), галактические координаты (l, b), примечание (собственное имя, кратность и переменность).

В столбце Var, для переменных звезд представлены обозначения в системе ОКПЗ в соответствии с 4-м изд. каталога и с последующими списками обозначений переменных звезд. Для звезд, заподозренных в переменности блеска, в этом же столбце указан номер по каталогу NSV или (номера, превышающие 15 000) по дополнению к нему (1998 г.). Для звезд ОКПЗ в примечаниях представлены краткие сведения о характере переменности, основанные на 4-м изд. ОКПЗ с привлечением новых данных для ряда объектов.

Сокращения: перем. — переменная звезда; A — амплитуда переменности блеска ($m_{\min} - m_{\max}$) в фильтре V, если нет других указаний (например, Hip — в диапазоне чувствительности телескопа HIPPARCOS, промежуточном между фильтрами B и V); затм. — затменная; непр. — неправильная; полуправ. — полуправильная; сп. — спутник; сп.-дв. — спектрально-двойная; покр. дв. — двойная, выявленная методом покрытия Луной; μ — собственное движение.

1. Основные данные

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	$\bar{v}$	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Андромеда								
β	1 09 43,9	+35 37 14	+033,6	+191	2,05*v*?	M0 IIIa	1,57	1,96
α	0 08 23,2	+29 05 26	+031,0	+200	2,06*v*	B8 IVp Mn Hg	−0,11	−0,47
γ^1	2 03 53,9	+42 19 47	+037,0	+171	2,26	K3 IIb	1,37	1,58
δ	0 39 19,6	+30 51 40	+032,1	+197	3,28*v*?	K3 III	1,28	1,48
51	1 37 59,5	+48 37 42	+037,0	+182	3,57	K3 III	1,28	1,44
o	23 01 55,2	+42 19 34	+027,7	+194	3,62*v*	B6 IIIpe + A2p	−0,09	−0,53
λ	23 37 33,8	+46 27 30	+029,4	+199	3,82*v*	G8 III–IV	1,02	0,70
μ	0 56 45,1	+38 29 58	+033,3	+194	3,87	A5 V	0,12	0,15
ζ	0 47 20,3	+24 16 02	+032,0	+196	4,06*v*	K1 IIe	1,12	0,87
υ	1 36 47,8	+41 24 20	+035,6	+182	4,10	F8 V	0,54	0,06
$\varkappa$	23 40 24,4	+44 20 02	+029,6	+199	4,14*v*?	B9 IVn	−0,08	−0,24
φ	1 09 30,1	+47 14 31	+035,1	+191	4,25*v*?	B7 Ve	−0,07	−0,34
ι	23 38 08,1	+43 16 05	+029,6	+199	4,29*v*?	B8 V	−0,11	−0,28
π	0 36 52,8	+33 43 10	+032,2	+197	4,36*v*?	B5 V	−0,16	−0,55
ε	0 38 33,3	+29 18 43	+032,0	+197	4,38	G8 IIIp	0,87	0,47
η	0 57 12,4	+23 25 04	+032,2	+194	4,42	G8 IIIb	0,94	0,69
σ	0 18 19,6	+36 47 07	+031,5	+199	4,52*v*?	A2 V	0,05	0,07
Близнецы								
β	7 45 18,9	+28 01 34	+037,1	−089	1,14*v*?	K0 IIIb	1,00	0,86
$\alpha^{1,2}$	7 34 35,9	+31 53 18	+038,3	−080	1,58*v*	A1 V + A2 Vm	0,04	0,02
γ	6 37 42,7	+16 23 57	+034,6	−033	1,92	A0 IV	0,00	0,06
μ	6 22 57,6	+22 30 49	+036,2	−020	2,87*v*	M3 IIIab	1,64	1,86
ε	6 43 55,9	+25 07 52	+036,9	−038	2,98*v*?	G8 Ib	1,41	1,46
η	6 14 52,6	+22 30 24	+036,3	−013	3,28*v*	M3 III	1,61	1,66
ξ	6 45 17,3	+12 53 44	+033,7	−039	3,36*v*?	F5 III	0,43	0,06
δ	7 20 07,3	+21 58 56	+035,8	−069	3,53	F2 IV	0,34	0,04
$\varkappa$	7 44 26,8	+24 23 53	+036,2	−088	3,57	G8 IIIa	0,92	0,70
λ	7 18 05,5	+16 32 25	+034,5	−067	3,58*v*?	A3 V	0,12	0,09
θ	6 52 47,3	+33 57 40	+039,5	−046	3,60	A3 III	0,10	0,14
ι	7 25 43,5	+27 47 53	+037,3	−073	3,79	G9 IIIb	1,04	0,84
ζ	7 04 06,5	+20 34 13	+035,6	−055	3,79*v*	F7–G3 Ib	0,79	0,62
υ	7 35 55,3	+26 53 44	+036,9	−081	4,06*v*?	M0 III–IIIb	1,54	1,94
ν	6 28 57,7	+20 12 43	+035,6	−025	4,14	B6 IIIe	−0,14	−0,49
1	6 04 07,2	+23 15 48	+036,5	−004	4,15	G7 III	0,87	0,52
ρ	7 29 06,6	+31 47 04	+038,4	−076	4,18*v*?	F0 V	0,32	−0,02
σ	7 43 18,7	+28 53 00	+037,4	−087	4,29*v*	K1 III	1,12	0,97
τ	7 11 08,3	+30 14 43	+038,2	−061	4,42*v*?	K2 III	1,26	1,40
30	6 43 59,2	+13 13 40	+033,8	−038	4,49	K0 III CN Ca	1,16	1,17

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Andromeda, And)										
β	1,24	1,00	16	175	−112	+003 V		5	10,1	80,4 AD
α	−0,03	−0,10	33	135	−162	−012 SBO	56	2	8,5	81,5
γ^1	0,94	0,68	9	43	−50	−012 SB	<17	4	2,8	9,6 A–BC
δ	0,92	0,66	32	115	−83	−007 SB1O	<17	3	9,2	28,7 AB
51	0,96	0,65	18	60	−112	+016	<17			
o	0,01	−0,08	4	22	0	−014 SB	330	3	0,5	0,3 AB
λ	0,78	0,57	38	159	−421	+007 SB1O	<19:	4	6,5	217,6 AC
μ	0,15	0,08	23	152	36	+008	72	4	6,8	266,7 AD
ζ	0,85	0,59	17	−101	−81	−024 SB1O	40	4	5,6	162,7 AD
υ	0,46	0,29	74	−172	−381	−028 SBO	8	3	8,4	114,0 AB
$\varkappa$	−0,01	−0,07	19	81	−18	−009 V	184	3	7,6	46,8 AB
φ	0,03	−0,05	4	3	−13	−000 V	71	2	1,2	0,4
ι	0,00	−0,09	6	27	−1	−001 SB	84			
π	−0,04	−0,12	4	15	−3	+009 SB2O	34	3	4,2	35,2 AB
ε	0,68	0,51	19	−229	−254	−084	9			
η	0,73	0,48	13	−43	−46	−010 SB2O	<17	2	6,9	131,7
σ	0,08	0,00	23	−66	−42	−008 SB	103			
(Gemini, Gem)										
β	0,75	0,50	96	−625	−45	+003 V	<17	7	10,2	201,1 AC
$\alpha^{1,2}$	0,07	−0,01	63	−206	−148	−001 SBO	30	4	0,9	7,4 AB
γ	0,06	−0,01	31	−2	−66	−013 SB	32	3	9,0	143,5 AC
μ	1,57	1,38	14	56	−108	+055		3	8,1	121,7 A–BC
ε	0,97	0,61	3	−5	−12	+010 SB	<17	2	6,0	110,3
η	1,49	1,31	9	−62	−10	+019 SBO		3	5,5	1,1 AB
ξ	0,39	0,23	57	−115	−190	+025 V?	70			
δ	0,36	0,19	55	−18	−7	+004 SBO	111	3	4,6	7,0 AB
$\varkappa$	0,71	0,45	22	−22	−56	+021	8	2	5,8	7,1
λ	0,12	0,05	34	−46	−37	−009 SB	154	3	1,0	0,0
θ	0,10	0,08	16	−2	−47	+021 SB	128	3	7,9	78,7 AB
ι	0,77	0,50	25	−121	−84	+008 V	9			
ζ	—	0,41	2	−5	0	+007 SB	:54	6	0,0	0,1
υ	1,24	0,91	13	−39	−108	−021	:19:	2	9,0	42,1
ν	−0,03	−0,11	6	−5	−14	+039 SB	219	8	4,2	112,5 A–BC
1	0,68	0,45	21	−2	−119	+020 SBO		4	0,4	0,2 AB
ρ	0,32	0,19	54	159	193	−004 SB	68	4	8,3	3,4 AB
σ	0,92	0,58	26	61	−231	+046 SB1O	22	2	6,5	182,2
τ	0,97	0,63	10	−31	−48	+022	<17	3	6,5	1,9 AB
30	0,86	0,60	11	−2	−51	+014	<19:	2	8,4	27,2

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	Δα	Δδ	V	Спектр	B−V	U−B
	h m s	° ′ ″	s	″				
Большая Медведица								
ε	12 54 01,7	+55 57 35	+026,1	−194	1,77v	A0p Cr	−0,02	0,01
α	11 03 43,6	+61 45 03	+036,8	−194	1,79v?	K0 IIIa	1,07	0,92
η	13 47 32,3	+49 18 48	+023,7	−178	1,86v?	B3 V	−0,19	−0,68
ζ^A	13 23 55,5	+54 55 31	+023,9	−187	2,27v?	A1 Vp Sr Si	0,02	0,03
β	11 01 50,4	+56 22 56	+035,8	−194	2,37v?	A1 V	−0,02	0,00
γ	11 53 49,8	+53 41 41	+031,2	−200	2,44v?	A0 Ve	0,00	0,03
ψ	11 09 39,7	+44 29 54	+033,6	−195	3,01	K1 III	1,14	1,12
μ	10 22 19,7	+41 29 58	+035,6	−182	3,05v?	M0 III	1,59	1,89
ι	8 59 12,4	+48 02 30	+041,3	−141	3,14v?	A7 IV	0,19	0,07
θ	9 32 51,3	+51 40 38	+040,8	−160	3,18v?	F6 IV	0,46	0,03
δ	12 15 25,5	+57 01 57	+029,4	−200	3,31v?	A3 V	0,08	0,07
ο	8 30 15,8	+60 43 05	+049,6	−122	3,42v?	G5 III	0,85	0,52
λ	10 17 05,7	+42 54 52	+036,1	−180	3,45	A2 IV	0,03	0,06
ν	11 18 28,7	+33 05 39	+032,3	−197	3,49v?	K3 III Ba	1,40	1,55
κ	9 03 37,5	+47 09 24	+040,8	−144	3,60v?	A1 Vn	0,00	0,01
h	9 31 31,7	+63 03 43	+046,6	−159	3,67v?	F0 IV	0,33	0,10
χ	11 46 03,0	+47 46 46	+031,6	−200	3,72v?	K2 III	1,18	1,16
υ	9 50 59,3	+59 02 19	+042,6	−169	3,81v	F2 IV	0,29	0,09
ζ^B	13 23 56,3	+54 55 18	+023,9	−187	3,95v?	A1m	0,13	0,09
g	13 25 13,4	+54 59 17	+023,8	−186	4,02v?	A5 V	0,16	0,08
ξ	11 18 10,9	+31 31 45	+032,2	−197	4,41v	G0 V	0,59	0,05
f	9 08 52,2	+51 36 16	+042,2	−147	4,48	Am	0,27	0,12
10UMa — перешла в созвездие Рыси в связи с уточнением границ созвездий, но сохранила								
Большой Пес								
α	6 45 08,9	−16 42 58	+026,8	−039	−1,46v?	A1 Vm	0,00	−0,05
ε	6 58 37,5	−28 58 20	+023,6	−051	1,50	B2 II	−0,21	−0,93
δ	7 08 23,4	−26 23 35	+024,4	−059	1,84v?	F8 Ia	0,67	0,54
β	6 22 41,9	−17 57 22	+026,4	−020	1,97v	B1 II–III	−0,24	−0,96
η	7 24 05,6	−29 18 11	+023,8	−072	2,44v	B5 Ia	−0,09	−0,71
o^2	7 03 01,4	−23 50 00	+025,1	−054	3,01v	B3 Iab	−0,08	−0,81
ζ	6 20 18,7	−30 03 48	+023,1	−018	3,02v?	B2,5 V	−0,18	−0,72
σ	7 01 43,1	−27 56 06	+023,9	−053	3,43v	K7 Ib	1,72	1,87
ω	7 14 48,6	−26 46 22	+024,4	−064	3,82v	B2 IV–Ve	−0,18	−0,74
o^1	6 54 07,8	−24 11 02	+024,9	−047	3,87v	K2 Iab	1,71	2,00
κ	6 49 50,4	−32 30 31	+022,5	−043	3,89v	B1,5 IVne	−0,21	−0,95
ν^2	6 36 41,0	−19 15 22	+026,1	−032	3,91v?	K1 III	1,06	0,99
θ	6 54 11,3	−12 02 19	+028,0	−047	4,08	K4 III	1,43	1,69
γ	7 03 45,4	−15 38 00	+027,2	−055	4,11v?	B8 II	−0,12	−0,46
ξ^1	6 31 51,3	−23 25 06	+025,0	−028	4,33v	B0,5 IV	−0,24	−0,98
ι	6 56 08,1	−17 03 15	+026,8	−048	4,37v	B3 II	−0,06	−0,70
τ	7 18 42,4	−24 57 15	+024,9	−067	4,40v	O9 Ib	−0,15	−0,98
ν^3	6 37 53,3	−18 14 15	+026,4	−033	4,42	K1 III	1,15	1,04
λ	6 28 10,1	−32 34 49	+022,3	−025	4,48	B4 V	−0,17	−0,61

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Ursa Major, UMa)										
ε	−0,02	−0,03	40	111	−8	−009 SB?	<38			
α	0,81	0,58	26	−136	−35	−009 SBO	<17	2	3,0	0,5
η	−0,12	−0,18	32	−121	−15	−011 SB?	205			
ζ^A	−0,04	−0,02	41	121	−22	−006 SB2O	32	4	1,7	14,4 AB
β	0,06	−0,04	41	81	33	−012 SB	39			
γ	0,00	−0,03	38	107	11	−013 SB	168			
ψ	0,83	0,57	22	−62	−27	−004	<19:			
μ	1,29	0,96	13	−80	34	−021 SBO				
ι	0,22	0,07	68	−441	−215	+009 SBO	151	3	7,5	9,1 A–BC
θ	0,44	0,27	74	−947	−535	+015 SB1O	12	2	10,7	4,1
δ	0,06	0,00	40	103	7	−013 V	177	3	6,6	189,6 AB
o	0,66	0,45	17	−134	−107	+020	17	4	7,1	143,0 AC
λ	0,08	−0,01	24	−170	−42	+018 V	48			
ν	1,06	0,70	7	−26	27	−009 SB	<19:	2	6,0	7,2
$\varkappa$	0,07	0,01	7	−37	−55	+004 V?	219	2	0,2	0,3
h	0,34	0,18	43	107	26	−010 V	140	3	5,6	22,8 AB
χ	0,88	0,60	16	−138	28	−009 V	<19:			
υ	0,34	0,16	28	−294	−151	+027 V?	110	2	8,6	11,3
ζ^B	0,13	0,05	41	121	−22	−009 SB1O	57	4	1,7	14,4 BA
g	0,17	0,07	40	120	−16	−009 SB	218			
ξ	0,54	0,34	137	−432	−591	−016 SB1O	1	3	0,5	2,5 AB
f	0,27	0,11	34	−137	−32	−000	37			

традиционное обозначение.

(Canis Major, CMa)										
α	0,00	−0,03	379	−546	−1223	−008 SBO	13	4	10,3	11,2 AB
ε	−0,09	−0,21	7	2	2	+027	44	2	6,4	7,5
δ	0,51	0,33	1	−2	3	+034 SB	28			
β	−0,14	−0,24	6	−3	0	+034 SB	36	2	7,8	185,9
η	0,07	−0,06	1	−3	6	+041 V	45	2	4,5	178,7
o^2	0,01	−0,09	1	−1	4	+048 SB	44			
ζ	−0,05	−0,18	9	8	3	+032 SBO	63	2	4,7	175,5 AB
σ	1,32	1,00	2	−6	4	+022		2	10,5	10,0
ω	0,02	−0,10	3	−11	7	+026 V?	120			
o^1	1,17	0,82	1	−3	5	+036	<19:			
$\varkappa$	−0,02	−0,14	4	−9	4	+014	199			
ν^2	0,78	0,52	50	62	−69	+003	<17			
θ	1,13	0,78	12	−139	−14	+097 V?	<19:			
γ	0,00	−0,13	8	0	−11	+032 V	27			
ξ^1	−0,12	−0,27	1	−2	6	+027 SB	27	3	9,6	24,6 AB
ι	0,05	−0,07	1	−2	1	+041	29			
τ	−0,03	−0,18	1	−1	3	+040 SBO	112	5	0,0	0,2 AP
ν^3	0,86	0,59	7	−6	−8	−002	<17			
λ	−0,06	−0,16	8	−13	24	+041	135			

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Весы								
β	15 17 00,3	−9 22 59	+032,4	−131	2,62*v*?	B8 V	−0,11	−0,37
α^2	14 50 52,6	−16 02 31	+033,3	−147	2,75*v*?	A3 IV	0,15	0,09
σ	15 04 04,1	−25 16 55	+035,3	−139	3,21*v*	M3 IIIa	1,70	1,95
υ	15 37 01,4	−28 08 06	+036,5	−117	3,57	K3 III	1,39	1,59
τ	15 38 39,3	−29 46 40	+037,0	−116	3,65	B2,5 V	−0,18	−0,69
γ	15 35 31,5	−14 47 22	+033,6	−118	3,91	G8,5 III	1,02	0,74
θ	15 53 49,4	−16 43 46	+034,2	−105	4,16	G8,5 IIIb	1,01	0,82
16	14 57 10,9	−4 20 47	+031,5	−143	4,49	F0 V	0,32	0,04
Водолей								
β	21 31 33,4	−5 34 16	+031,5	+159	2,89	G0 Ib	0,82	0,56
α	22 05 46,9	−0 19 11	+030,8	+176	2,94	G2 Ib	0,96	0,75
δ	22 54 38,9	−15 49 15	+031,8	+192	3,28*v*?	A3 V	0,05	0,08
c^2	23 09 26,7	−21 10 21	+031,9	+195	3,64	K1 III	1,23	1,22
λ	22 52 36,8	−7 34 47	+031,3	+191	3,74*v*	M2,5 IIIa Fe	1,65	1,76
$\zeta^{2,1}$	22 28 50,0	−0 01 12	+030,7	+184	3,75*v*?	F3V + F3IV	0,38	−0,01
ε	20 47 40,5	−9 29 45	+032,4	+134	3,77	A1 V	0,00	0,02
γ	22 21 39,3	−1 23 14	+030,9	+182	3,84*v*?	A0 V	−0,06	−0,13
τ^2	22 49 35,4	−13 35 33	+031,7	+191	3,98*v*?	M0 III	1,59	1,94
b^1	23 22 58,1	−20 06 02	+031,5	+197	3,98	K0 III	1,10	0,95
η	22 35 21,3	−0 07 03	+030,8	+187	4,00	B9 IV–Vn	−0,10	−0,28
θ	22 16 49,9	−7 47 00	+031,5	+180	4,16	G8 III–IV	0,99	0,80
φ	23 14 19,3	−6 02 56	+031,0	+196	4,22*v*?	M1,5 III	1,55	1,87
ψ^1	23 15 53,4	−9 05 16	+031,2	+196	4,25	K0 III	1,11	1,01
ι	22 06 26,1	−13 52 11	+032,3	+176	4,25	B9 IV–V	−0,07	−0,27
b^2	23 26 02,7	−20 38 31	+031,5	+198	4,39*v*?	K5 III	1,47	1,79
ψ^2	23 17 54,1	−9 10 57	+031,1	+197	4,40*v*	B5 V	−0,14	−0,54
k	20 47 44,1	−5 01 40	+031,6	+134	4,44*v*	M3 III	1,67	1,93
c^1	23 06 40,8	−23 44 35	+032,1	+195	4,48	G9 III	0,90	0,59
ω^2	23 42 43,2	−14 32 42	+031,0	+199	4,51	B9,5 V	−0,04	−0,13
ν	21 09 35,5	−11 22 18	+032,6	+147	4,52	G8 III	0,94	0,67
Возничий								
α	5 16 41,3	+45 59 53	+044,3	+038	0,08*v*?	G5IIIe + G0III	0,80	0,45
β	5 59 31,7	+44 56 51	+044,1	+000	1,90*v*	A2 IV	0,03	0,04
θ	5 59 43,2	+37 12 45	+040,9	+000	2,62*v*	A0p Si	−0,08	−0,18
ι	4 56 59,6	+33 09 58	+039,1	+054	2,69*v*?	K3 II	1,53	1,78
ε	5 01 58,1	+43 49 24	+043,1	+050	2,99*v*	F0 Iae	0,54	0,33
η	5 06 30,8	+41 14 04	+042,1	+046	3,18*v*?	B3 V	−0,18	−0,67
δ	5 59 31,6	+54 17 05	+049,3	+000	3,72	K0 III	0,99	0,91
ζ	5 02 28,6	+41 04 33	+042,0	+050	3,75*v*	K4 II + B8 V	1,22	0,38
ν	5 51 29,3	+39 08 55	+041,6	+007	3,97	K0 III	1,14	1,09
π	5 59 56,1	+45 56 13	+044,5	+000	4,25*v*	M3 II	1,72	1,83
$\varkappa$	6 15 22,6	+29 29 53	+038,3	−013	4,35*v*?	G8,5 IIIb	1,01	0,81
τ	5 49 10,4	+39 10 52	+041,6	+009	4,53	G8 III	0,94	0,69
16	5 18 10,6	+33 22 18	+039,4	+036	4,54*v*?	K3 III	1,27	1,27

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, "
			0,001"	0,001"/год		км/с	км/с			
(Libra. Lib)										
β	−0,05	−0,09	20	−96	−20	−035 SB	230			
α^2	0,14	0,04	42	−105	−69	−010 SB	84	3	0,4	0,0
σ	1,61	1,27	11	−71	−44	−004				
υ	1,00	0,71	16	−13	−3	−025		2	7,2	3,3
τ	−0,11	−0,19	7	−22	−26	+003 SB	149			
γ	0,71	0,55	21	65	6	−028	<17	3	0,2	0,1 AP
θ	0,72	0,52	20	100	135	+003	<19:			
16	0,32	0,17	35	−97	−154	+022	117			
(Aquarius, Aqr)										
β	0,60	0,45	5	22	−6	+007	18	3	7,9	35,5 AB
α	0,67	0,51	4	17	−9	+008 V?	<17	2	9,0	113,0
δ	0,07	0,04	20	−44	−24	+018 V	71			
c^2	0,84	0,60	13	55	31	+021				
λ	1,42	1,19	8	19	32	−009				
$\zeta^{2,1}$	0,39	0,23	31	191	37	+025	58	3	0,2	3,8 AB
ε	0,07	0,00	14	31	−35	−016 V?	98			
γ	0,04	−0,04	20	129	8	−015 SB	57	2	7,9	37,4
τ^2	1,19	0,95	8	−12	−38	+001		2	4,5	132,5
b^1	0,82	0,60	20	−120	−96	−007 V				
η	−0,06	−0,07	17	88	−56	−008 V?	280			
θ	0,70	0,48	17	118	−21	−015	<17			
φ	1,28	1,08	14	46	−195	−000				
ψ^1	0,79	0,56	21	368	−17	−026 V	<17	5	4,8	49,2 AB
ι	−0,05	−0,09	18	40	−57	−010 SB2	169			
b^2	1,12	0,81	10	−50	−62	+016 V?				
ψ^2	−0,07	−0,13	10	19	−9	−006 V?	332			
k	1,47	1,31	7	−3	−40	−022				
c^1	0,71	0,49	17	59	0	+015		2	10,0	2,9
ω^2	0,02	−0,05	21	98	−66	+003 SB	156	2	6,0	5,0
ν	0,69	0,46	19	92	−15	−012	<17			
(Auriga, Aur)										
α	0,60	0,44	77	75	−427	+030 SBO		10	0,5	0,0 AB
β	0,08	−0,01	39	−56	0	−018 SB2O	37	3	8,9	184,6 AB
θ	0,00	−0,06	18	42	−73	+030 SB	49	4	4,5	3,5 AB
ι	1,06	0,82	6	3	−18	+018	<17			
ε	0,52	0,45	1	0	−2	−003 SB1O	29	6	6,2	207,6 AE
η	−0,05	−0,17	14	30	−68	+007 V?	132			
δ	0,77	0,50	23	86	−134	+008	<17	4	5,8	115,4 AB
ζ	1,13	0,87	4	8	−21	+013 SBO	19:			
ν	0,82	0,56	15	8	0	+010	<17	2	7,3	54,6
π	1,69	1,48	3	−2	−7	+001				
$\varkappa$	0,80	0,54	19	−70	−261	+020	<19:			
τ	0,73	0,49	15	−28	−25	−020	<17	3	6,1	49,6 AC
16	0,98	0,71	13	29	−160	−028 SB1O	<17	2	5,8	4,2 AB

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Волк								
α	14 41 55,7	−47 23 17	+040,2	−152	2,30*v*	B1,5 III	−0,20	−0,88
β	14 58 31,8	−43 08 02	+039,5	−142	2,68	B2 III	−0,22	−0,85
γ	15 35 08,3	−41 10 00	+040,2	−118	2,78*v*	B2 IV	−0,20	−0,82
δ	15 21 22,2	−40 38 52	+039,6	−128	3,22*v*	B1,5 IV	−0,22	−0,87
ε	15 22 40,8	−44 41 22	+041,0	−127	3,37*v*?	B2 IV–V	−0,18	−0,73
η	16 00 07,2	−38 23 49	+039,9	−100	3,41*v*?	B2,5 IV	−0,22	−0,84
ζ	15 12 17,0	−52 05 57	+043,5	−134	3,41	G8 III	0,92	0,66
ι	14 19 24,1	−46 03 28	+038,7	−164	3,55*v*?	B2,5 IV	−0,18	−0,72
φ^1	15 21 48,3	−36 15 41	+038,3	−127	3,56*v*?	K5 III	1,54	1,87
$\varkappa^1$	15 11 56,0	−48 44 16	+042,0	−134	3,87	B9,5 Vne	−0,03	−0,12
χ	15 50 57,4	−33 37 38	+038,2	−107	3,95	B9 IV	−0,04	−0,14
π	15 05 07,1	−47 03 04	+041,1	−138	4,01	B5 V	−0,14	−0,58
ρ	14 37 53,1	−49 25 32	+040,6	−154	4,05*v*?	B5 V	−0,15	−0,56
λ	15 08 50,5	−45 16 47	+040,6	−136	4,05	B3 V	−0,18	−0,68
θ	16 06 35,4	−36 48 08	+039,5	−095	4,23*v*?	B2,5 Vn	−0,18	−0,68
μ	15 18 31,9	−47 52 30	+042,0	−130	4,27	B8 Ve	−0,09	−0,37
ω	15 38 03,1	−42 34 02	+040,7	−116	4,33	K4,5 III	1,43	1,72
f	15 17 49,7	−30 08 55	+036,6	−130	4,33*v*?	G9 IIIa Fe	1,10	1,07
o	14 51 38,3	−43 34 31	+039,4	−146	4,33*v*?	B5 IV	−0,14	−0,61
τ^2	14 26 10,7	−45 22 46	+038,8	−161	4,35	A7: + F4 IV	0,43	0,18
σ	14 32 36,8	−50 27 25	+040,7	−157	4,42*v*	B2 III	−0,19	−0,84
Волопас								
α	14 15 39,6	+19 10 57	+028,2	−166	−0,05v?	K1 IIIb CN	1,23	1,28
η	13 54 41,0	+18 23 52	+028,6	−175	2,68*v*?	G0 IV	0,58	0,20
ε	14 44 59,1	+27 04 27	+026,3	−150	2,70	K0 II–III	0,96	0,73
γ	14 32 04,6	+38 18 29	+024,3	−158	3,02*v*	A7 III	0,19	0,12
δ	15 15 30,1	+33 18 53	+024,1	−132	3,49*v*?	G8 III CN	0,95	0,68
β	15 01 56,6	+40 23 26	+022,7	−140	3,52*v*?	G8 IIIa: Ba	0,95	0,74
ρ	14 31 49,7	+30 22 17	+025,9	−158	3,59*v*?	K3 III	1,30	1,44
ζ^{AB}	14 41 08,8	+13 43 42	+028,6	−153	3,86*v*?	A2 III	0,05	0,05
θ	14 25 11,7	+51 51 03	+020,7	−161	4,06*v*?	F7 V	0,50	0,01
υ	13 49 28,5	+15 47 52	+029,0	−178	4,07*v*?	K5 IIIv	1,52	1,87
λ	14 16 22,9	+46 05 18	+023,0	−166	4,18*v*?	A0p	0,08	0,05
μ^1	15 24 29,3	+37 22 38	+022,8	−126	4,32*v*?	F0 V	0,31	0,06
σ	14 34 40,7	+29 44 42	+026,0	−156	4,47*v*?	F2 V	0,37	−0,08
τ	13 47 15,7	+17 27 24	+028,9	−178	4,50*v*?	F6 IV	0,48	0,05
Волосы Вероники								
β	13 11 52,3	+27 52 41	+028,6	−190	4,26*v*?	G0 V	0,58	0,08
γ	12 26 56,2	+28 16 06	+029,9	−199	4,36	K2 III CN	1,13	1,15
Ворон								
γ	12 15 48,3	−17 32 31	+031,0	−200	2,58*v*?	B8 IIIp HgMn	−0,11	−0,35
β	12 34 23,2	−23 23 48	+031,6	−198	2,64*v*?	G5 II	0,88	0,65
δ	12 29 51,8	−16 30 56	+031,3	−198	2,94*v*?	B9,5 V	−0,05	−0,09
ε	12 10 07,4	−22 37 11	+031,0	−200	2,98*v*?	K2,5 IIIa Ba	1,34	1,47
α	12 08 24,7	−24 43 44	+031,0	−200	4,02	F2 III–IV	0,32	−0,02
η	12 32 04,1	−16 11 46	+031,3	−198	4,32*v*?	F2 III–IV	0,37	0,02

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, "
			0,001"	0,001"/год		км/с	км/с			
(Lupus, Lup)										
α	−0,09	−0,17	5	−21	−24	+005 SB	24	2	11,1	27,6
β	−0,10	−0,17	6	−34	−38	+000 SB	127			
γ	−0,14	−0,24	5	−16	−25	+002 V	266	2	0,1	0,6
δ	−0,11	−0,22	6	−19	−24	+000 V?	221			
ε	−0,11	−0,16	6	−20	−20	+008 SB2O	133	3	1,5	0,4 AB
η	−0,14	−0,21	6	−16	−27	+008 V	230	3	4,4	15,0 AB
ζ	—	—	28	−113	−71	−010		2	3,6	71,9
ι	−0,10	−0,14	9	−12	−3	+022	370			
φ^1	1,19	0,87	9	−91	−86	−029		3	10,9	17,3 AC
$\varkappa^1$	−0,05	−0,01	17	−96	−47	−006 V	202	2	1,9	26,6
χ	−0,02	−0,07	15	−5	−24	+005 SB2O	0			
π	−0,10	−0,11	6	−23	−21	+005 SB	161	2	0,1	1,8
ρ	−0,09	−0,11	10	−27	−29	+008	195			
λ	−0,08	−0,15	8	−17	−26	+010 SB	166	2	0,2	0,4
θ	−0,10	−0,17	7	−15	−31	+015	309			
μ	−0,02	−0,04	11	−31	−32	+015	308:	3	0,1	1,3 AB
ω	1,03	0,73	14	−147	56	−007 SB		2	6,7	11,8
f	0,81	0,56	10	−8	−4	−004 V?				
o	−0,05	−0,11	8	−24	−26	+007 SB	84	2	0,0	0,1
τ^2	0,41	0,35	10	13	−6	−001 SB1	0	2	0,1	0,1
σ	—	—	5	−29	−14	−002 V?	84			
(Bootes, Boo)										
α	0,98	0,65	88	−1093	−1999	−005 V?	<17			
η	0,44	0,29	88	−60	−358	−000 SB1O	13	2	6,0	112,6
ε	0,72	0,56	6	−23	−21	−017 V		3	2,6	2,8 AB
γ	0,14	0,08	38	−115	151	−037 V	139	3	9,5	33,4
δ	0,73	0,51	27	84	−110	−012 SB	<19:	2	4,4	104,9
β	0,67	0,48	14	−40	−29	−020	<17			
ρ	0,92	0,65	21	−100	120	−014 V?	<17	2	8,2	42,2
ζ^{AB}	0,02	−0,01	18	52	−12	−006 SB?	156	3	0,4	1,2 AB
θ	0,42	0,25	68	−236	−399	−011	34	2	7,0	69,5
υ	1,20	0,87	13	−93	40	−006	<17			
λ	0,02	0,03	33	−187	159	−008	110			
μ^1	0,30	0,15	26	−147	84	−013 SB	84	3	2,2	108,9 A–BC
σ	0,34	0,19	64	188	132	+000	3	3	5,3	237,1 AB
τ	0,41	0,24	64	−480	54	−016 V	14	2	7,5	5,0
(Coma Berenices, Com)										
β	0,49	0,30	109	−801	882	+006 SB?	6	2	5,8	90,8
γ	0,83	0,52	19	−83	−80	+004	<17			
(Corvus, Crv)										
γ	−0,04	−0,09	19	−159	22	−004 SB	41			
β	0,61	0,44	23	0	−56	−008	<17			
δ	−0,05	−0,04	37	−209	−139	+009 V	148	2	5,3	24,4
ε	0,93	0,64	10	−71	10	+005				
α	0,30	0,18	67	100	−39	+004 V	16			
η	0,38	0,18	54	−424	−58	−004 SB2	59			

Продолжение таблицы 46

*	α			δ			Δα	Δδ	V	Спектр	B − V	U − B
	h	m	s	°	′	″	s	″				
Геркулес												
β	16	30	13,1	+21	29	22	+025,9	−076	2,77v?	G7 IIIa	0,93	0,69
ζ	16	41	17,1	+31	36	10	+023,0	−067	2,81v?	G0 IV	0,65	0,21
δ	17	15	01,8	+24	50	21	+024,7	−039	3,13v?	A3 IV	0,08	0,08
π	17	15	02,7	+36	48	33	+021,0	−039	3,18v?	K3 IIab	1,43	1,67
μ	17	46	27,5	+27	43	15	+023,8	−012	3,42	G5 IV	0,75	0,39
α^1	17	14	38,8	+14	23	25	+027,4	−039	3,48v	M5 Ib–II	1,45	1,01
η	16	42	53,7	+38	55	20	+020,6	−066	3,50v?	G8 IIIb CN	0,92	0,61
ξ	17	57	45,8	+29	14	52	+023,3	−002	3,70v	G8 III	0,94	0,70
γ	16	21	55,1	+19	09	11	+026,5	−083	3,76v	A9 III	0,27	0,19
ι	17	39	27,8	+46	00	23	+017,0	−018	3,80v	B3 IV	−0,18	−0,69
ο	18	07	32,5	+28	45	45	+023,4	+007	3,83v	B9,5 V	−0,02	−0,07
109	18	23	41,8	+21	46	11	+025,5	+021	3,84v?	K2,5 IIIab	1,18	1,16
θ	17	56	15,1	+37	15	02	+020,6	−003	3,88v?	K1 IIa CN	1,35	1,47
τ	16	19	44,3	+46	18	48	+018,1	−085	3,91v	B5 IV	−0,15	−0,57
ε	17	00	17,3	+30	55	35	+023,0	−052	3,92	A0 V	−0,01	−0,11
110	18	45	39,6	+20	32	47	+025,8	+040	4,19v?	F6 V	0,46	0,02
σ	16	34	06,1	+42	26	13	+019,4	−073	4,20v?	B9 V	−0,01	−0,10
φ	16	08	46,1	+44	56	06	+019,0	−093	4,27v	B9p: Mn:	−0,07	−0,28
102	18	08	45,4	+20	48	52	+025,7	+008	4,35	B2 IV	−0,15	−0,81
111	18	47	01,2	+18	10	53	+026,5	+041	4,36v?	A5 III	0,13	0,07
ν	17	58	30,1	+30	11	22	+023,0	−001	4,41v	F2 II	0,39	0,15
λ	17	30	44,2	+26	06	38	+024,3	−025	4,41v?	K3,5 IIIBa	1,44	1,68
ρ	17	23	40,9	+37	08	45	+020,8	−032	4,52v?	B9,5 III	0,00	−0,05
Гидра												
α	9	27	35,2	−8	39	31	+029,5	−157	1,97v?	K3 II–III	1,45	1,72
γ	13	18	55,2	−23	10	18	+032,7	−188	3,00v?	G8 IIIa	0,92	0,66
ζ	8	55	23,6	+5	56	44	+031,7	−139	3,10	G9 II–III	1,00	0,82
ν	10	49	37,4	−16	11	37	+029,6	−191	3,11	K2 III	1,24	1,27
π	14	06	22,2	−26	40	56	+034,3	−170	3,28	K2 III CN	1,13	1,04
ε	8	46	46,5	+6	25	08	+031,9	−133	3,38v	G5 III	0,68	0,37
ξ	11	33	00,1	−31	51	27	+029,8	−199	3,54v?	G7 III	0,93	0,70
λ	10	10	35,2	−12	21	15	+029,4	−178	3,61	K0 III CN	1,00	0,92
μ	10	26	05,4	−16	50	11	+029,1	−183	3,79v?	K4,5 III	1,48	1,82
θ	9	14	21,8	+2	18	51	+031,1	−150	3,88v?	B9,5 V	−0,07	−0,12
30 Mon	8	25	39,6	−3	54	23	+030,0	−119	3,90v?	A0 V	−0,02	−0,03
ι	9	39	51,3	−1	08	34	+030,6	−164	3,91v?	K2,5 III Ba	1,32	1,45
υ^1	9	51	28,6	−14	50	48	+028,9	−169	4,11	G7 III–IIIb	0,92	0,65
δ	8	37	39,3	+5	42	13	+031,8	−127	4,17	A1 Vnn	0,00	0,02
β	11	52	54,5	−33	54	28	+030,5	−200	4,28v	B9 IIIp Si	−0,10	−0,33
η	8	43	13,4	+3	23	55	+031,3	−131	4,30v	B3 V	−0,20	−0,74
D	8	46	22,5	−13	32	52	+028,3	−133	4,32	G8 IIIb CN	0,90	0,64
ρ	8	48	25,9	+5	50	16	+031,8	−134	4,37	A0 Vn	−0,05	−0,05
E	14	50	17,2	−27	57	37	+035,5	−147	4,41	K4 III	1,40	1,47
σ	8	38	45,4	+3	20	29	+031,3	−128	4,43	K2 III	1,20	1,28
R	13	29	42,7	−23	16	52	+032,9	−185	4,5v!	M7 IIIe	1,61	0,68

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, "
			0,001"	0,001"/год		км/с	км/с			
(Hercules, Her)										
β	0,64	0,48	22	−98	−14	−026 SB1O	<19:	2	7,3	256,2
ζ	0,50	0,32	92	−462	345	−070 SB1O	:10	2	2,6	1,1
δ	0,05	0,03	41	−21	−157	−040 SB	290	4	5,6	8,5 AB
π	0,96	0,73	8	−27	2	−026	<17			
μ	0,53	0,38	119	−291	−750	−016 V	20	4	6,4	33,8 A–BC
α^1	2,10	2,14	8	−6	32	−033 V	21	4	2,2	4,9 AB
η	0,67	0,48	29	35	−84	+008 V?	8	2		113,5
ξ	0,69	0,46	24	82	−18	−002	<19:			
γ	0,29	0,14	16	−47	44	−035 SB	141	3	6,4	41,6 AB
ι	−0,10	−0,17	6	−7	3	−020 SB1	11	2	8,3	116,0
o	0,03	0,00	9	0	7	−030 SB	134			
109	0,85	0,60	25	195	−242	−058 V?	<17	2	6,5	221,8
θ	0,90	0,60	4	2	7	−027	<19:			
τ	−0,09	−0,16	10	−13	39	−014 V?	32	2	10,7	6,7
ε	−0,01	−0,04	20	−47	26	−025 SBO	78			
110	0,39	0,26	52	−9	−335	+024	14	5	9,2	63,8 AC
σ	0,03	−0,01	10	−9	59	−011	270	2	3,0	0,1
φ	0,00	−0,09	14	−25	35	−016 SB1O	10			
102	−0,06	−0,18	2	−2	−6	−015 V?	33	2	7,9	23,4
111	0,11	0,03	35	83	119	−045 SB?	79	4	5,5	121,3 AC
ν	0,40	0,23	4	0	3	−022	28			
λ	1,04	0,75	8	18	16	−026	<17			
ρ	0,02	−0,01	8	−38	9	−021	81	3	1,0	4,2 AB
(Hydra, Hya)										
α	1,04	0,77	18	−14	33	−004 V?	<17	3	7,5	283,1 AB
γ	0,60	0,47	24	68	−41	−005 V?	<17	2	6,7	138,4
ζ	0,71	0,49	21	−99	14	+023	<17			
ν	0,94	0,64	23	92	199	−001	<17			
π	0,88	0,55	32	43	−140	+027				
ε	0,60	0,39	24	−231	−40	+036 SBO	19	6	0,9	0,2 AB
ξ	0,70	0,48	25	−209	−41	−005 V		2	7,0	68,2
λ	0,77	0,48	28	−200	−100	+019 SB1O	<19:	3	7,7	112,2 AC
μ	1,11	0,83	13	−128	−80	+040	<19:			
θ	−0,01	−0,05	25	112	−306	−010 SB	81	4	6,0	21,1 AB
30 Mon	0,03	−0,05	26	−66	−24	+010 V	125			
ι	0,99	0,67	11	47	−62	+023 V?	<17			
v^1	0,69	0,47	11	18	−21	−015	<19:			
δ	0,04	0,01	18	−70	−6	+011 SB	249	2	6,2	243,7
β	0,01	−0,08	8	−58	2	−001	72	2	0,9	0,8
η	−0,07	−0,19	6	−19	−1	+017 SB?	128			
D	0,68	0,46	14	17	−6	−008 SB1	<17	2	9,3	19,9
ρ	0,05	−0,07	9	−17	−29	+033 SB	126	2	8,7	12,4
E	1,08	0,76	10	−237	−62	−010				
σ	0,89	0,56	9	−19	−16	+025	<17			
R	2,70	2,42	1	−60	11	−010 V		2	8,5	21,2 AB

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Голубь								
α	5 39 38,9	−34 04 27	+021,8	+018	2,65*v*?	B7 IVe	−0,12	−0,43
β	5 50 57,5	−35 46 06	+021,2	+008	3,12	K2 III	1,16	1,21
δ	6 22 06,7	−33 26 11	+022,0	−019	3,85	G7 II	0,88	0,52
ε	5 31 12,7	−35 28 14	+021,3	+025	3,87	K1 IIIa	1,14	1,08
η	5 59 08,7	−42 48 55	+018,4	+001	3,96	K0 III	1,14	1,08
γ	5 57 32,2	−35 17 00	+021,3	+002	4,36*v*?	B2,5 IV	−0,18	−0,66
$\varkappa$	6 16 33,0	−35 08 26	+021,4	−014	4,37*v*?	K0 III	1,00	0,83
Гончие Псы								
α^2	12 56 01,6	+38 19 06	+028,2	−194	2,88*v*	A0p Si Eu Hg	−0,12	−0,32
β	12 33 44,5	+41 21 27	+029,0	−198	4,27*v*?	G0 V	0,59	0,05
Дева								
α	13 25 11,5	−11 09 41	+031,7	−186	0,97*v*	B1III–IV + B2V	−0,23	−0,94
ε	13 02 10,5	+10 57 33	+030,1	−193	2,79*v*?	G8 IIIab	0,92	0,74
γ^{AB}	12 41 39,5	−1 26 58	+030,8	−197	2,91*v*?	F0V + F0V	0,36	−0,03
δ	12 55 36,1	+3 23 51	+030,6	−194	3,38*v*?	M3 III	1,59	1,79
ζ	13 34 41,5	−0 35 46	+030,8	−183	3,38	A3 V	0,12	0,08
β	11 50 41,6	+1 45 53	+030,8	−200	3,60	F9 V	0,55	0,11
109	14 46 14,9	+1 53 34	+030,5	−150	3,73*v*?	A0 V	−0,01	−0,03
μ	14 43 03,5	−5 39 30	+031,6	−151	3,88	F2 III	0,38	−0,01
η	12 19 54,3	−0 40 00	+030,8	−199	3,90*v*?	A2 IV	0,02	0,07
ν	11 45 51,5	+6 31 46	+030,8	−200	4,04*v*	M1 IIIab	1,50	1,78
ι	14 16 00,8	−6 00 02	+031,5	−166	4,09*v*?	F6 III	0,51	0,03
o	12 05 12,5	+8 43 59	+030,7	−200	4,12	G8IIIaCNBaCH	0,99	0,64
$\varkappa$	14 12 53,7	−10 16 25	+032,1	−167	4,21*v*?	K3 III	1,32	1,47
τ	14 01 38,7	+1 32 40	+030,6	−172	4,26	A3 V	0,10	0,13
θ	13 09 56,9	−5 32 20	+031,1	−191	4,38	A1 IVs + Am	−0,01	0,01
110	15 02 54,0	+2 05 28	+030,4	−140	4,40*v*?	K0,5 IIIb Fe	1,04	0,87
λ	14 19 06,5	−13 22 16	+032,6	−164	4,52*v*?	A2m	0,13	0,10
Дельфин								
β	20 37 32,9	+14 35 43	+028,1	+127	3,63	F5 IV	0,44	0,09
α	20 39 38,2	+15 54 43	+027,8	+128	3,77*v*?	B9 IV	−0,06	−0,21
ε	20 33 12,7	+11 18 12	+028,7	+124	4,04*v*?	B6 III	−0,11	−0,47
γ^2	20 46 39,4	+16 07 27	+027,9	+133	4,27	K1 IV	1,04	0,97
δ	20 43 27,5	+15 04 28	+028,0	+131	4,44*v*	A7 IIIp	0,32	0,10
Дракон								
γ	17 56 36,3	+51 29 20	+014,0	−003	2,22	K5 III	1,52	1,88
η	16 23 59,3	+61 30 51	+008,3	−081	2,74*v*?	G8 IIIab	0,91	0,70
β	17 30 25,8	+52 18 05	+013,6	−026	2,81	G2 Ib–IIa	0,98	0,64
δ	19 12 33,1	+67 39 42	−000,1	+062	3,07	G9 III	1,00	0,78
ζ	17 08 47,1	+65 42 53	+001,9	−044	3,17	B6 III	−0,11	−0,43
ι	15 24 55,6	+58 57 57	+013,5	−125	3,29*v*?	K2 III	1,16	1,23
χ	18 21 03,2	+72 43 58	−012,0	+018	3,58*v*?	F7 V	0,49	−0,06
α	14 04 23,2	+64 22 33	+016,4	−171	3,65*v*?	A0 III	−0,05	−0,08

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Columba, Col)										
α	0,00	−0,09	12	0	−24	+035 V?	176	2	9,7	13,5
β	0,85	0,58	37	55	404	+089 V				
δ	0,67	0,47	13	−24	−52	−003 SBO				
ε	0,82	0,60	11	28	−34	−005 V				
η	0,82	0,58	6	18	−11	+017				
γ	−0,07	−0,17	3	−2	11	+024	96	2	8,3	33,8
$\varkappa$	0,73	0,51	17	0	87	+024				
(Canes Venatici, CVn)										
α^2	−0,10	−0,07	29	−233	54	−003 V	29	2	2,7	19,4 AB
β	0,54	0,31	119	−705	292	+007 SB1O	:3			
(Virgo, Vir)										
α	−0,09	−0,24	12	−42	−31	+001 SB2O	159	5	1,5	0,0
ε	0,63	0,45	31	−275	19	−014	<17	2	8,9	248,7
γ^{AB}	0,29	0,19	84	−616	60	−020 SB	28	4	0,0	4,1 AB
δ	1,52	1,33	16	−471	−52	−018 V?		2	7,0	164,5
ζ	0,07	0,06	44	−278	48	−013	173			
β	0,47	0,28	91	740	−271	+005 V	3	3	5,0	512,3 AC
109	0,07	−0,02	25	−116	−21	−006 V?	351			
μ	0,40	0,22	53	104	−319	+005 SB	54			
η	0,08	0,00	13	−59	−23	+002 SB2O	34	3	0,5	0,0
ν	1,25	1,01	10	−19	−180	+051 V?				
ι	0,50	0,27	46	−25	−419	+012	15			
o	0,74	0,49	19	−220	57	−030 V?	<19:			
$\varkappa$	1,07	0,75	14	8	140	−004	<19:			
τ	0,15	0,06	14	17	−21	−002 SB	150	3	5,2	129,0 AB
θ	0,05	0,00	7	−35	−32	−003 SB	15	4	1,0	0,5
110	0,81	0,54	17	−55	12	−016	<17			
λ	0,10	0,04	17	−17	29	−011 SB2O	16	2	0,1	0,0
(Delphinus, Del)										
β	0,40	0,24	33	118	−47	−023 SB1O	54	5	1,0	0,6 AB
α	0,00	−0,04	13	54	7	−003 SB	162	6	7,5	43,4 AC
ε	−0,03	−0,11	9	10	−28	−019 V	50			
γ^2	0,68	0,48	32	−25	−196	−007 V?	0	2	1,0	9,8
δ	0,26	0,17	16	−19	−41	+009 SB	41			
(Draco, Dra)										
γ	1,14	0,85	22	−8	−23	−028	<17	7	8,4	140,1 AG
η	0,62	0,46	37	−16	56	−014 SB?	<17	3	4,8	564,9 AB–C
β	0,69	0,48	9	−15	11	−020 V	13	3	8,9	4,2 AB
δ	0,70	0,51	32	94	92	+025	<17	2	9,2	88,1
ζ	−0,06	−0,12	9	−20	19	−017 V	31			
ι	0,78	0,60	31	−8	17	−011	<17	2	5,7	254,6
χ	0,44	0,31	124	531	−351	+033 SB2O	11	4	2,0	0,1
α	−0,03	−0,07	10	−56	17	−013 SBO	18			

Продолжение таблицы 46

*	α			δ			$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h	m	s	°	′	″	s	″				
ξ	17	53	31,6	+56	52	21	+010,3	−006	3,75v?	K2 III	1,18	1,21
ε	19	48	10,3	+70	16	04	−002,4	+091	3,84v?	G7 IIIb CN	0,89	0,52
λ	11	31	24,2	+69	19	52	+035,1	−198	3,85v?	M0 III Ca	1,62	1,97
$\varkappa$	12	33	28,9	+69	47	17	+025,5	−198	3,89v	B6 IIIpe	−0,14	−0,57
θ	16	01	53,2	+58	33	55	+011,8	−099	4,03	F8 IV	0,52	0,10
φ	18	20	45,3	+71	20	16	−008,6	+018	4,22v	A0p Si:	−0,10	−0,33
3751	9	37	05,2	+81	19	35	+081,8	−162	4,30	K3 III	1,48	1,72
τ	19	15	32,8	+73	21	20	−011,5	+065	4,45v?	K3 III CN	1,25	1,45
ρ	20	02	48,9	+67	52	25	+002,6	+102	4,50	K3 III	1,31	1,50
Единорог												
β^{ABC}	6	28	48,9	−7	01	59	+029,1	−025	3,92	B3Ve + B3e + B3e	−0,10	−0,63
α	7	41	14,8	−9	33	04	+028,7	−086	3,93	K0 III	1,02	0,88
γ	6	14	51,3	−6	16	29	+029,3	−013	3,96	K3 III	1,31	1,42
δ	7	11	51,8	−0	29	34	+030,6	−062	4,15	A2 V	0,00	0,04
ζ	8	08	35,6	−2	59	02	+030,2	−106	4,33	G2 Ib	0,97	0,72
ε	6	23	46,0	+4	35	34	+031,8	−021	4,44	A5 IV	0,20	0,14
18	6	47	51,6	+2	24	44	+031,3	−041	4,46	K0 III Ba	1,11	1,04
13	6	32	54,2	+7	19	58	+032,4	−029	4,50v?	A0 Ib	0,00	−0,20
30 Моп — перешла в созвездие Гидры в связи с уточнением границ созвездий, но сохранила												
Жертвенник												
β	17	25	17,9	−55	31	47	+049,9	−030	2,85	K3 Ib-IIa	1,46	1,56
α	17	31	50,4	−49	52	34	+046,4	−025	2,95v	B2 Vne	−0,17	−0,69
ζ	16	58	37,1	−55	59	24	+049,8	−053	3,13	K3 III	1,60	1,97
γ	17	25	23,5	−56	22	39	+050,6	−030	3,34	B1 Ib	−0,13	−0,96
δ	17	31	05,9	−60	41	01	+054,3	−025	3,62	B8 Vn	−0,10	−0,31
θ	18	06	37,7	−50	05	30	+046,7	+006	3,66	B2 Ib	−0,08	−0,85
η	16	49	47,0	−59	02	29	+051,9	−060	3,76	K5 III	1,57	1,94
ε^1	16	59	35,0	−53	09	38	+047,9	−052	4,06	K4 IIIab	1,45	1,71
Живописец												
α	6	48	11,4	−61	56	29	+006,3	−042	3,27	A7 IV	0,21	0,13
β	5	47	17,1	−51	03	59	+014,3	+011	3,85v?	A5 V	0,17	0,10
γ	5	49	49,6	−56	10	00	+010,9	+009	4,51	K1 III	1,10	0,98
Жираф												
β	5	03	25,1	+60	26	32	+053,5	+049	4,02v?	G0 Ib	0,93	0,62
1035	3	29	04,1	+59	56	25	+049,0	+122	4,22v	B9 Ia	0,41	−0,23
α	4	54	03,0	+66	20	34	+059,9	+057	4,29v?	O9,5 Iae	0,05	−0,87
7	4	57	17,1	+53	45	08	+048,3	+054	4,47v?	A1 V	−0,02	−0,02
1155	3	49	31,2	+65	31	34	+055,4	+108	4,48v	M2 IIab	1,88	2,13
Журавль												
α	22	08	13,9	−46	57	40	+037,4	+177	1,71v?	B7 IV	−0,13	−0,47
β	22	42	40,0	−46	53	05	+035,5	+189	2,11v	M5 III	1,62	1,60
γ	21	53	55,6	−37	21	54	+036,1	+170	3,01	B8 III	−0,12	−0,37
ε	22	48	33,2	−51	19	01	+035,9	+190	3,49v?	A3 V	0,08	0,10
ι	23	10	21,5	−45	14	48	+033,6	+195	3,89	K1 III	1,01	0,86
δ^1	22	29	16,1	−43	29	45	+035,6	+185	3,97v?	G6–8 III	1,02	0,81
δ^2	22	29	45,4	−43	44	58	+035,6	+185	4,11v	M4,5 IIIa	1,57	1,70
ζ	23	00	52,8	−52	45	15	+035,2	+193	4,12	G8–K0 III	0,98	0,70
θ	23	06	52,7	−43	31	14	+033,7	+195	4,28	F5m	0,42	0,16
λ	22	06	06,8	−39	32	36	+036,0	+176	4,46	K3 III	1,37	1,66

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, "
			0,001"	0,001'/год		км/с	км/с			
ξ	0,83	0,59	29	93	78	−026 V?	<17	2	11,1	316
ε	0,65	0,48	22	80	39	+003 SB	<19:	2	3,2	3,2
λ	1,31	0,99	9	−41	−18	+007				
$\varkappa$	0,05	−0,08	6	−58	11	−011 SBO	249			
θ	0,45	0,25	47	−320	334	−009 SB1O	27			
φ	−0,04	−0,10	11	−5	35	−016 SBO	88	3	1,7	0,5 AB
3751	1,13	0,74	3	−16	−15	−005	<19:			
τ	0,90	0,58	21	−116	104	−030 SB	<17:			
ρ	0,93	0,65	8	16	47	−009	<19:	3	8,6	124 AB
(Monoceros, Mon)										
β^{ABC}	−0,01	−0,16	4	−7	−4	+020 SBO	346	4	0,8	7,3 AB
α	0,77	0,52	22	−74	−19	+011	<17			
γ	0,97	0,63	5	−6	−20	−005 V?		2	9,0	51,4
δ	0,06	0,01	8	0	6	+015 V	142	2	9,2	32,0
ζ	0,73	0,49	1	−16	−3	+030	<17:	4	4,9	66,0 AC
ε	0,19	0,10	25	−20	10	+015 SB	124	3	2,2	12,9 AB
18	0,79	0,55	8	−12	−12	+011 SB	<17			
13	0,10	0,04	2	−3	−5	+012	17			

традиционное обозначение.

(Ara, Ara)										
β	—	0,53	5	−8	−24	−000				
α	−0,10	−0,24	13	−31	−67	+000 SB	298	2	8,0	55,6
ζ	—	—	5	−18	−35	−006				
γ	—	—	2	0	−15	−003 V	281	3	7,0	17,9 AB
δ	—	—	17	−53	−99	+010	260:	2	8,0	47,4
θ	—	—	3	−8	−9	+003	117			
η	—	—	10	39	−25	+009		2	9,5	23,6
ε^1	—	0,54	10	1	21	+023				
(Pictor, Pic)										
α	0,23	0,13	32	−68	242	+021	205			
β	0,12	0,16	51	4	81	+020 V?	139			
γ	0,82	0,54	18	81	−71	+016				
(Camelopardalis, Cam)										
β	0,69	0,47	3	−6	−14	−002	19	3	3,4	80,8 AB
1035	0,38	0,38	0	0	−1	−007	29	2	4,3	2,4
α	0,11	0,00	0	0	7	+006 V?	95			
7	0,09	−0,01	8	−24	7	−008 SBO	45	3	3,4	0,4 AB
1155	1,71	1,42	3	−2	−13	−003 V				
(Grus, Gru)										
α	−0,04	−0,08	32	127	−147	+012	236	2	10,1	28,4
β	1,91	1,77	19	135	−4	+002				
γ	−0,05	−0,06	16	95	−12	−002 V?	68			
ε	0,11	0,07	25	108	−65	+000 V	236			
ι	0,75	0,55	17	132	−26	−004 SB1O				
δ^1	0,74	0,57	11	25	−4	+005		2	8,8	5,6
δ^2	1,73	1,59	10	−14	1	+002 V?		2	4,7	60,6
ζ	0,78	0,53	28	−65	−12	−001 SB				
θ	0,38	0,18	24	−48	−13	+010 V?	80	3	2,5	1,2 AB
λ	1,00	0,78	13	−24	−125	+039				

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Заяц								
α	5 32 43,7	−17 49 20	+026,5	+024	2,57*v*?	F0 Ib	0,20	0,25
β	5 28 14,7	−20 45 34	+025,7	+028	2,84	G5 II	0,82	0,47
ε	5 05 27,6	−22 22 16	+025,4	+047	3,18*v*?	K5 IIIv	1,46	1,77
μ	5 12 55,8	−16 12 20	+027,0	+041	3,29*v*	B9p Hg Mn	−0,11	−0,40
ζ	5 46 57,3	−14 49 19	+027,2	+011	3,54	A3 Vn	0,09	0,07
γ	5 44 27,8	−22 26 54	+025,3	+014	3,60	F6 V	0,47	0,01
η	5 56 24,2	−14 10 04	+027,4	+003	3,72	F1 III	0,33	0,00
δ	5 51 19,2	−20 52 45	+025,7	+008	3,85	G8 IIIwk CN	0,98	0,71
λ	5 19 34,4	−13 10 37	+027,7	+035	4,29	B0,5 IV	−0,25	−1,01
κ	5 13 13,8	−12 56 30	+027,7	+041	4,36*v*?	B9 V	−0,10	−0,34
ι	5 12 17,8	−11 52 09	+028,0	+041	4,44	B8 V	−0,09	−0,40
Змееносец								
α	17 34 56,0	+12 33 36	+027,8	−022	2,07*v*?	A5 III	0,15	0,10
η	17 10 22,6	−15 43 29	+034,4	−043	2,42	A2 V	0,05	0,09
ζ	16 37 09,4	−10 34 02	+033,1	−071	2,56*v*	09,5 Vn	0,02	−0,85
δ	16 14 20,6	−3 41 40	+031,5	−089	2,75*v*?	M0,5 III	1,59	1,96
β	17 43 28,3	+4 34 02	+029,7	−014	2,78*v*?	K2 III	1,18	1,24
κ	16 57 40,0	+9 22 30	+028,6	−054	3,20*v*	K2 III	1,16	1,16
ε	16 18 19,2	−4 41 33	+031,7	−086	3,23	G9,5 IIIb CN	0,98	0,74
θ	17 22 00,5	−24 59 58	+036,9	−033	3,26*v*	B2 IV	−0,23	−0,85
ν	17 59 01,5	−9 46 25	+033,0	−001	3,34*v*?	K0 IIIa CN	0,99	0,87
72	18 07 20,9	+9 33 50	+028,5	+006	3,73	A4 IVs	0,12	0,09
γ	17 47 53,5	+2 42 26	+030,1	−011	3,75	A0 V	0,05	0,03
λ	16 30 54,7	+1 59 02	+030,3	−076	3,83*v*?	A0 V + A4 V	0,01	0,02
67	18 00 38,6	+2 55 53	+030,1	+001	3,93	B5 Ib	0,03	−0,62
p	18 05 27,2	+2 29 58	+030,2	+005	4,03*v*	K0 V	0,86	0,51
b	17 26 22,1	−24 10 31	+036,7	−029	4,16*v*?	A3m	0,28	0,12
d	17 27 21,2	−29 52 01	+038,3	−028	4,27	F5 IV	0,40	0,08
φ	16 31 08,2	−16 36 46	+034,4	−076	4,27	G8 IIIa	0,92	0,71
σ	17 26 30,8	+4 08 25	+029,8	−029	4,31*v*?	K2 II	1,51	1,57
$36^{1,2}$	17 15 20,9	−26 36 08	+037,3	−037	4,34	K0 V + K1 V	0,85	0,49
ξ	17 21 00,1	−21 06 46	+035,8	−034	4,38*v*?	F1 III–IV	0,41	−0,06
ι	16 54 00,4	+10 09 55	+028,5	−057	4,38*v*?	B8 V	−0,08	−0,32
68	18 01 45,1	+1 18 19	+030,4	+002	4,42*v*?	A2 Vn	0,04	0,02
χ	16 27 01,3	−18 27 23	+034,8	−079	4,43*v*	B2 IV:pe	0,28	−0,76
ω	16 32 08,0	−21 27 59	+035,6	−075	4,45*v*	A7p	0,11	0,13
ψ	16 24 06,1	−20 02 15	+035,2	−081	4,50	K0 II–III	1,03	0,84
Змея								
α	15 44 16,0	+6 25 32	+029,5	−112	2,65*v*?	K2 IIIb CNFe	1,17	1,26
η	18 21 18,5	−2 53 56	+031,4	+019	3,25*v*?	K2 IIIab CN	0,94	0,65
ξ	17 37 35,1	−15 23 55	+034,4	−020	3,52*v*?	F0 IV	0,24	0,12
μ	15 49 37,1	−3 25 49	+031,4	−108	3,53	A0 V	−0,04	−0,10
β	15 46 11,2	+15 25 18	+027,7	−110	3,67*v*?	A2 IV	0,06	0,08
ε	15 50 48,9	+4 28 40	+029,9	−107	3,70	A2m	0,15	0,10
δ^{AB}	15 34 48,1	+10 32 20	+028,7	−118	3,80*v*	F0IV + F0IV	0,26	0,12
γ	15 56 27,1	+15 39 42	+027,5	−103	3,86*v*?	F6 V	0,48	−0,03
$\theta^{1,2}$	18 56 13,9	+4 12 10	+029,8	+049	4,03	A5 V + A5 Vn	0,17	0,09
κ	15 48 44,3	+18 08 29	+027,1	−108	4,09*v*?	M0,5 IIIab	1,62	1,95
o	17 41 24,8	−12 52 31	+033,8	−016	4,24*v*	A2 V	0,08	0,11
ν	17 20 49,5	−12 50 48	+033,7	−034	4,31	A2 V	0,03	0,04
λ	15 46 26,5	+7 21 11	+029,3	−110	4,43*v*?	G0 V	0,60	0,10

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, "
			0,001"	0,001"/год		км/с	км/с			
(Lepus, Lep)										
α	0,22	0,21	2	3	1	+024	13	3	8,5	35,8 AB
β	0,65	0,44	20	−5	−85	−014	11	5	4,5	2,6 AB
ε	1,10	0,81	14	19	−72	+001				
μ	-0,01	-0,12	17	45	−16	+028	12			
ζ	0,12	0,03	46	−14	−1	+020 SB?	202			
γ	0,45	0,26	111	−292	−368	−010	11	3	2,5	96,5 AB
η	0,33	0,16	66	−42	139	−002	0			
δ	0,86	0,56	29	228	−647	+099	0			
λ	-0,12	-0,28	3	−2	−4	+020	67			
$\varkappa$	-0,01	-0,09	5	−12	−1	+018 V	124	2	2,7	2,6
ι	-0,02	-0,09	13	24	−31	+025 V	193	2	6,3	12,7
(Ophiuchus, Oph)										
α	0,14	0,08	69	110	−222	+013 SB?	219	2		0,1
η	0,03	0,01	38	41	97	−001 SB	26	4	0,4	0,3 AB
ζ	0,10	-0,04	7	13	25	−015 V	379			
δ	1,29	1,03	19	−45	−142	−020 V		2	10,4	65,5
β	0,82	0,58	39	−40	158	−012 V	:17			
$\varkappa$	0,84	0,54	37	−293	−9	−056	<17			
ε	0,69	0,49	30	82	40	−010 V	<17	2	9,1	110,6
θ	-0,12	-0,20	5	−8	−23	−002 SB	35	2	2,0	0,2
ν	0,70	0,48	21	−10	−116	+013	<17			
72	0,14	0,05	39	−61	79	−024 SB2	80	4	7,7	54,4 AC
γ	0,04	0,00	34	−23	−75	−007 SB?	205			
λ	-0,01	-0,01	19	−31	−73	−014 SB	127	4	1,0	1,2 AB
67	0,09	0,03	2	0	−8	−004 V	22	5	4,3	54,5 AC
p	0,65	0,46	196	124	-962	−007 SBO	16	13	1,8	1,9 AB
b	0,29	0,12	38	−1	-117	−037	59			
d	0,33	0,18	29	14	-137	+037	25			
φ	0,65	0,44	15	−44	−38	−034	<19:	3	6,8	120,0 AC
σ	1,09	0,76	2	1	7	−027	<19:			
$36^{1,2}$	0,70	0,44	180	−480	−1140	−001		5	0,0	4,6 AB
ξ	0,37	0,22	57	262	−204	−009	0	2	4,5	3,7
ι	-0,09	-0,08	13	−53	−34	−021 SB2	118			
68	0,07	0,01	12	15	−13	+006 SB	252	2	2,5	0,6
χ	0,46	0,24	6	−5	−22	−003 SB1?	134			
ω	0,13	0,02	18	20	36	+003	41			
ψ	0,78	0,50	18	−21	−47	+000	<17			
(Serpens, Ser)										
α	0,83	0,57	44	134	44	+003 V?	<17	3	8,3	58,2 AB
η	0,70	0,50	52	−547	−700	+009 V?	<19:	2	8,7	179,7
ξ	0,20	0,13	30	−39	−61	−043 SBO	32	2	9,4	22,0
μ	-0,01	-0,05	20	−98	−27	−009 SB	87			
β	0,06	0,03	21	68	−41	−001 V	170	5	6,3	30,6 AB
ε	0,08	0,05	46	127	61	−009 V	37			
δ^{AB}	0,22	0,11	15	−72	3	−040 V	75	4	1,0	3,9 AB
γ	0,49	0,24	89	311	−1282	+007 V?	8	3	6,6	201,5 AB
$\theta^{1,2}$	0,17	0,07	23	45	28	−050	150	3	0,4	22,2 AB
$\varkappa$	1,25	0,98	9	−51	−88	−039				
o	0,08	0,02	19	−72	−55	−030 SB2	125			
ν	0,06	0,00	16	42	2	+005 V	115	2	4,8	46,3
λ	0,51	0,32	85	−225	−68	−066 SB1O	:6			

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Золотая Рыба								
α	4 33 59,8	−55 02 42	+013,0	+073	3,27*v*	A0 III Si	−0,10	−0,35
β	5 33 37,5	−62 29 24	+005,3	+023	3,76*v*	F6 Ia	0,82	0,55
γ	4 16 01,6	−51 29 12	+015,7	+088	4,25*v*	F4 III	0,30	0,03
δ	5 44 46,5	−65 44 08	+001,2	+013	4,35	A7 V	0,21	0,12
Индеец								
α	20 37 34,0	−47 17 29	+041,9	+127	3,11	K0 III CN	1,00	0,79
β	20 54 48,5	−58 27 15	+046,4	+138	3,65	K1 II	1,25	1,23
θ	21 19 51,9	−53 26 59	+042,3	+153	4,39	A5 V	0,19	0,12
δ	21 57 55,0	−54 59 34	+040,4	+172	4,40	F0 IV	0,28	0,10
η	20 44 02,2	−51 55 16	+043,6	+131	4,51	A7III–IV-A9*v*	0,27	0,09
Кассиопея								
α	0 40 30,4	+56 32 15	+034,3	+197	2,23*v*	K0 IIIa	1,17	1,12
β	0 09 10,6	+59 08 59	+031,6	+200	2,27*v*	F2 III–IV	0,34	0,12
γ	0 56 42,4	+60 43 00	+036,6	+194	2,47*v*	B0 IVe	−0,10	−1,11
δ	1 25 48,9	+60 14 07	+039,3	+186	2,68*v*	A5 III–IVv	0,13	0,13
ε	1 54 23,6	+63 40 13	+043,6	+176	3,37*v*?	B3 III	−0,15	−0,61
η	0 49 06,0	+57 48 58	+035,3	+195	3,44*v*	G0 V + dM0	0,58	0,02
ζ	0 36 58,2	+53 53 49	+033,7	+197	3,66*v*?	B2 IV	−0,19	−0,89
50	2 03 26,0	+72 25 17	+052,3	+172	3,98	A2 V	−0,01	0,04
$\varkappa$	0 32 59,9	+62 55 55	+034,5	+198	4,16*v*	B1 Iae	0,14	−0,80
θ	1 11 06,1	+55 09 00	+036,6	+190	4,34*v*?	A7 V	0,17	0,13
o	0 44 43,5	+48 17 04	+033,6	+196	4,50*v*	B5 IIIe	−0,06	−0,53
Кентавр								
α^A	14 39 36,2	−60 50 07	+046,1	−153	−0,01*v*?	G2 V	0,71	0,33
β	14 03 49,4	−60 22 22	+042,8	−172	0,61*v*	B1 III	−0,23	−0,98
α^B	14 39 36,2	−60 50 07	+046,1	−153	1,33	K1 V	0,88	0,63
θ	14 06 40,8	−36 22 12	+035,9	−170	2,05	K0 IIIb	0,99	0,90
γ	12 41 30,9	−48 57 34	+033,5	−197	2,17	A1 IV	−0,01	−0,01
ε	13 39 53,2	−53 27 59	+038,3	−181	2,30*v*	B1 III	−0,22	−0,92
η	14 35 30,3	−42 09 28	+038,3	−156	2,31*v*	B1,5 Vne	−0,19	−0,82
ζ	13 55 32,3	−47 17 18	+037,7	−175	2,55	B2,5 IV	−0,22	−0,91
δ	12 08 21,5	−50 43 20	+031,3	−200	2,60*v*	B2 IVne	−0,13	−0,88
ι	13 20 35,7	−36 42 44	+034,2	−188	2,73	A2 V	0,03	0,01
μ	13 49 36,9	−42 28 26	+036,4	−178	3,04*v*	B2 IV–Ve	−0,17	−0,72
$\varkappa$	14 59 09,6	−42 06 15	+039,2	−142	3,13*v*?	B2 IV	−0,20	−0,78
λ	11 35 46,8	−63 01 11	+028,0	−199	3,13	B9 III	−0,04	−0,17
ν	13 49 30,2	−41 41 16	+036,2	−178	3,41*v*	B2 IV	−0,22	−0,85
φ	13 58 16,2	−42 06 03	+036,7	−174	3,83*v*?	B2 IV	−0,21	−0,83
τ	12 37 42,1	−48 32 28	+033,2	−197	3,86	A2 V	0,05	0,03
v^1	13 58 40,7	−44 48 13	+037,3	−174	3,87*v*?	B2 IV–V	−0,20	−0,80
d	13 31 02,6	−39 24 26	+035,0	−184	3,88*v*?	G9 Ib	1,16	1,04
π	11 21 00,4	−54 29 27	+027,6	−197	3,90	B5 Vn	−0,15	−0,59
σ	12 28 02,3	−50 13 51	+032,7	−199	3,91	B2 V	−0,19	−0,77
ρ	12 11 39,1	−52 22 06	+031,6	−200	3,96*v*?	B3 V	−0,15	−0,61
b	14 41 57,5	−37 47 37	+037,5	−152	4,00	B3 V	−0,17	−0,69
c^1	14 43 39,3	−35 10 26	+036,9	−151	4,05	K5 III	1,35	1,53
ψ	14 20 33,3	−37 53 07	+036,7	−164	4,05*v*?	A0 IV	−0,03	−0,11

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	iv	Δm	ρ, "
			0,001"	0,001"/год		км/с	км/с			
(Dorado, Dor)										
α	−0,01	−0,09	18	58	12	+026	82	3	0,5	0,2
β	0,21	0,43	3	1	12	+007 V	0			
γ	0,27	0,16	49	100	184	+025 V?	69			
δ	0,26	0,17	22	−28	6	−003	206			
(Indus, Ind)										
α	—	0,36	32	49	66	−001		3	8,8	66,0 AB
β	—	—	5	21	−24	−005 V?		2	8,8	17,3
θ	—	—	33	107	−67	−015	178	2	2,4	6,1
δ	—	—	17	43	−3	+015 V?	130	2	0,1	0,1
η	—	—	41	155	−53	−002	122			
(Cassiopeia, Cas)										
α	0,78	0,60	14	50	−32	−004 V?	21	4	6,7	64,4 AD
β	0,30	0,20	59	523	−180	+011 SB	70	2	11,3	31,3
γ	0,07	−0,08	5	25	−3	−007 SB	300:	3	6,3	2,3 AB
δ	0,15	0,09	32	297	−49	+007 SB	113	2	8,7	131,7
ε	−0,03	−0,12	7	31	−18	−008 V	19			
η	0,50	0,36	167	1087	−559	+009 SB1O	:6	8	4,0	11,6 AB
ζ	−0,08	−0,21	5	17	−9	+002 SB?	18			
50	0,06	0,00	20	−44	22	−014 SB2	84			
$\varkappa$	0,14	0,06	0	3	−2	−002 SB	62			
θ	0,18	0,07	23	226	−19	+009 SB	102	2	5,9	145,6
o	0,05	−0,05	3	17	−7	−017 SB1	260	2	7,2	33,6
(Centaurus, Cen)										
α^A	—	0,22	742	−3678	481	−025 SBO		3	1,3	20,9 AB
β	—	—	6	−33	−25	+006 SB	139	2	3,2	1,3
α^B	—	0,30	742	−3600	952	−021 V?		3	9,7	150,0 BC
θ	0,76	0,53	53	−519	−517	+001		2	12,0	69,9
γ	0,03	0,00	25	−187	−1	−006 SB	81	3	0,1	1,5 AB
ε	−0,15	−0,25	8	−14	−12	+003	159	2	8,4	36,9
η	−0,10	−0,18	10	−35	−32	−000 SB	333			
ζ	−0,14	−0,20	8	−57	−44	+007 SB2O	219			
δ	0,04	−0,14	8	−47	−6	+011 V	181	3	1,9	268,6 AB
ι	0,05	−0,01	55	−340	−87	+000	85			
μ	0,03	−0,11	6	−23	−19	+009 SB	175	2	10,7	48,0
$\varkappa$	−0,08	−0,16	6	−17	−21	+008 SB	28	2	8,1	3,9
λ	0,04	−0,01	7	−33	−6	−001 V	0	2	8,2	16,3
ν	−0,11	−0,22	6	−26	−20	+009 SB1O	91			
φ	−0,13	−0,22	7	−23	−19	+006 V	126			
τ	0,05	0,04	24	−186	−6	+005	281			
v^1	−0,14	−0,21	7	−27	−21	+005 V	122			
d	0,84	0,59	2	−15	−11	−002 SB		2	0,1	0,2
π	−0,05	−0,17	10	−35	−2	+009 V	326	2	0,7	0,2
σ	−0,11	−0,20	7	−32	−12	+008 V	245			
ρ	−0,09	−0,16	9	−42	−18	+015 V	140			
b	−0,11	−0,15	10	−29	−30	+001 V	187			
c^1	1,01	0,73	15	−60	−176	−038				
ψ	−0,01	−0,02	13	−64	−11	−005 V	101	2	9,5	36,0

Продолжение таблицы 46

*	α			δ			Δα	Δδ	V	Спектр	B − V	U − B
	h	m	s	°	′	″	s	″				
4522	11	46	30,7	−61	10	42	+029,3	−200	4,10v?	G5 Ib–II	0,88	0,57
g	13	49	26,6	−34	27	02	+035,0	−178	4,19v	M5 III	1,50	1,46
l	13	45	41,2	−33	02	37	+034,6	−179	4,23v?	F3 IV	0,38	0,00
ξ^2	13	06	54,5	−49	54	22	+035,3	−192	4,27	B1,5 V	−0,19	−0,76
n	12	53	26,1	−40	10	44	+033,3	−195	4,27	A7 III	0,21	0,12
e	12	55	06,6	−48	56	35	+034,3	−195	4,33	K3–4 III	1,37	1,56
υ^2	14	01	43,3	−45	36	12	+037,6	−172	4,33	F6 II	0,59	0,27
j	11	49	41,0	−63	47	18	+029,5	−200	4,34v?	B3 Vne	−0,15	−0,62
v	14	20	19,4	−56	23	12	+042,3	−164	4,35	B6 Ib	0,12	−0,43
χ	14	06	02,7	−41	10	46	+036,8	−171	4,36v	B2 V	−0,19	−0,77
5378	14	23	02,1	−39	30	44	+037,2	−162	4,42v	B7 IIIpv	−0,18	−0,74
4546	11	51	08,1	−45	10	26	+030,2	−200	4,46	K3 III	1,30	1,46
4618	12	08	05,1	−50	39	40	+031,3	−200	4,47v	B6 IIIe	−0,15	−0,67
Киль												
α	6	23	57,2	−52	41	44	+013,3	−021	−0,72	F0 II	0,15	0,10
β	9	13	12,1	−69	43	02	+006,7	−149	1,69	A2 IV	0,00	0,03
ε	8	22	30,8	−59	30	34	+012,3	−117	1,86v?	K3III + B2:V	1,28	0,19
ι	9	17	05,4	−59	16	31	+016,1	−152	2,25v?	A8 Ib	0,18	0,16
θ	10	42	57,4	−64	23	40	+021,6	−189	2,77	B0 Vp	−0,22	−1,00
υ	9	47	06,1	−65	04	18	+015,0	−167	2,96	A8 Ib	0,27	0,13
p	10	32	01,4	−61	41	07	+021,5	−185	3,32v	B4 Vne	−0,09	−0,72
ω	10	13	44,3	−70	02	16	+014,3	−179	3,33	B8 IIIe	−0,08	−0,33
q	10	17	04,9	−61	19	56	+020,2	−180	3,40v	K3 IIa	1,56	1,64
a	9	10	57,9	−58	58	01	+015,8	−148	3,45v	B2 IV–V	−0,19	−0,69
χ	7	56	46,7	−52	58	56	+015,3	−098	3,47v	B3 IVp	−0,18	−0,67
l	9	45	14,8	−62	30	28	+016,5	−166	3,69v	G5 Iab–Ib	1,22	0,85
u	10	53	29,6	−58	51	12	+024,4	−192	3,78v?	K1 III	0,95	0,65
s	10	27	52,7	−58	44	22	+022,2	−184	3,81v?	F2 II	0,30	0,27
x	11	08	35,3	−58	58	30	+025,8	−195	3,83v	G4 0–Ia	1,26	0,98
c	8	55	02,8	−60	38	40	+013,6	−138	3,84	B8–9 II	−0,11	−0,43
i	9	11	16,7	−62	19	02	+013,7	−148	3,98v?	B3 III	−0,18	−0,66
l	10	24	23,7	−74	01	54	+011,9	−183	4,00v?	F2 IV	0,35	−0,01
h	9	34	26,6	−59	13	46	+017,5	−161	4,09	B5 II	0,00	−0,51
d	8	40	37,0	−59	45	40	+013,3	−129	4,33v	B1,5 III	−0,11	−0,80
g	9	16	12,2	−57	32	28	+017,0	−151	4,34v?	M1 III	1,63	1,98
N	6	34	58,5	−52	58	32	+013,3	−030	4,39	A0 II	−0,02	−0,15
A	6	49	51,3	−53	37	20	+013,1	−043	4,40v	G6 II	0,92	0,61
r	10	35	35,2	−57	33	27	+023,2	−187	4,45v?	K3–4 II	1,62	1,79
G	9	05	09,3	−72	36	10	+001,3	−145	4,48	F9 II	0,61	0,21
f	8	46	42,7	−56	46	11	+015,5	−133	4,49v	B3 Vne	−0,18	−0,73
η	10	45	03.6	−59	41	04	+023,3	−190	6,21v!	pec.	0,61	−0,46
Кит												
β	0	43	35,3	−17	59	12	+029,9	+196	2,01v?	K0 III CH	1,01	0,88
α	3	02	16,7	+4	05	23	+031,4	+140	2,53v	M1,5 IIIa	1,64	1,93
o	2	19	20,7	−2	58	39	+030,4	+164	3,05v	M7 IIIe	1,42	1,11
η	1	08	35,3	−10	10	56	+030,0	+191	3,44	K1,5 III CN	1,16	1,19
γ	2	43	18,0	+3	14	09	+031,2	+151	3,47	A3 V	0,09	0,07
τ	1	44	04,0	−15	56	15	+029,1	+180	3,50v?	G8 V	0,72	0,21
ι	0	19	25,6	−8	49	26	+030,6	+199	3,55v?	K1,5 III	1,22	1,17

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001′/год		км/с	км/с			
4522	0,70	0,43	7	−21	−16	−003		2	8,8	25,0
g	2,13	1,87	18	−42	−59	+041				
l	0,33	0,21	51	−461	−146	−022 SBO	86			
ξ^2	−0,10	−0,19	7	−26	−12	+014 SB1O	51	2	5,1	25,1
n	0,20	0,14	21	69	−21	−003	81			
e	0,98	0,75	10	−79	−25	−002 SB				
v^2	0,51	0,34	7	3	−20	−001 SB1O	0			
j	−0,07	−0,14	7	−17	4	+029 V	268			
v	0,15	0,14	2	−9	−7	+004 V?	10			
χ	−0,11	−0,22	7	−24	−21	+012 V?	33			
5378	−0,11	−0,17	7	−24	−21	+008	≤			
4546	0,94	0,67	7	−72	−8	+002				
4618	−0,06	−0,17	8	−34	−9	+017	127	3	1,9	268,6 AB
(Carina, Car)										
α	0,22	0,18	10	19	23	+021	0			
β	0,06	0,02	29	−157	108	−005 V?	133			
ε	1,16	0,89	5	−25	22	+002				
ι	0,24	0,20	4	−19	13	+013	0			
θ	−0,11	−0,24	7	−18	12	+024 SB	151			
υ	0,34	0,29	2	−11	4	+014	0	2	3,0	5,0
p	0,05	−0,07	6	−16	11	+026	303			
ω	0,04	−0,03	8	−35	7	+007 V	225			
q	1,08	0,81	4	−24	6	+008		3	9,2	16,4 AB
a	−0,06	−0,19	7	−17	14	+023 SB2O	30			
χ	−0,06	−0,18	8	−28	16	+019 V	95			
l	0,35	0,68	2	−12	8	+003 V				
u	0,72	0,49	33	79	38	+008 SB		3	2,7	153,9 AB
s	0,34	0,21	3	−13	2	+009	22			
x	0,97	0,59	0	−5	2	+007 SB	23			
c	−0,01	−0,11	10	−28	42	+025 V	36	2	8,8	21,1
i	−0,06	−0,18	6	−38	15	+018	21			
l	0,34	0,19	61	−16	−27	−004 SB	55			
h	0,09	−0,01	1	−11	6	+022 V?	0			
d	−0,03	−0,13	2	−6	4	+013 SB	48	2	8,9	15,7
g	1,34	1,03	6	−27	−14	−005				
N	0,04	0,14	1	−7	11	+023	45			
A	0,69	0,45	5	−2	17	+026 SBO				
r	1,15	0,84	2	−15	0	+010 SB				
G	0,54	0,33	7	−8	−4	+022	53			
f	−0,10	−0,19	5	−9	8	+027	332			
η	1,32	0,49	1	−8	1	−025				
(Cetus, Cet)										
β	0,72	0,51	34	232	32	+013	18			
α	1,35	1,16	14	−11	−78	−026				
o	2,01	1,92	7	10	−239	+064 V		4	7,3	118,7 AC
η	0,83	0,58	27	215	−138	+012	<17	2	6,7	233,5
γ	0,11	0,04	39	−146	−145	−005 V	183	3	2,7	2,8 AB
τ	0,62	0,47	274	−1721	854	−016	2	2	9,5	89,8
ι	0,85	0,59	11	−14	−37	+019	<17	3	4,8	108,8 AC

Продолжение таблицы 46

*	α			δ			$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h	m	s	°	′	″	s	″				
θ	1	24	01,3	−8	11	01	+030,1	+187	3,59	K0 IIIb	1,06	0,92
ζ	1	51	27,5	−10	20	06	+029,6	+177	3,72*v*?	K0 III Ba	1,14	1,06
υ	2	00	00,2	−21	04	40	+028,2	+173	4,02	M0,5 III Ba	1,56	1,87
δ	2	39	28,9	+0	19	43	+030,8	+153	4,06*v*	B2 IV	−0,21	−0,88
π	2	44	07,3	−13	51	32	+028,6	+151	4,24	B7 V	−0,13	−0,44
μ	2	44	56,5	+10	06	51	+032,3	+150	4,27*v*?	F0 IV	0,31	0,07
ξ^2	2	28	09,5	+8	27	36	+031,9	+160	4,30	B9 III	−0,05	−0,11
ξ^1	2	12	59,9	+8	50	48	+031,9	+167	4,35*v*?	G6 II–III CN	0,88	0,63
7	0	14	38,3	−18	55	58	+030,5	+200	4,46*v*	M3 III	1,66	1,95
Козерог												
δ	21	47	02,3	−16	07	38	+032,9	+167	2,83*v*	Amv	0,29	0,10
β	20	21	00,6	−14	46	53	+033,6	+115	3,08*v*?	F8 V + A0	0,79	0,27
α^2	20	18	03,2	−12	32	42	+033,2	+113	3,58*v*?	G8 IIIb	0,93	0,69
γ	21	40	05,4	−16	39	45	+033,0	+164	3,67	F0p	0,31	0,21
ζ	21	26	39,9	−22	24	41	+034,2	+157	3,74*v*?	G4 Ib	1,01	0,60
θ	21	05	56,7	−17	13	58	+033,6	+145	4,07	A1 V	−0,01	0,01
ω	20	51	49,2	−26	55	09	+035,7	+136	4,12*v*?	K5 IIIa	1,63	1,91
ψ	20	46	05,6	−25	16	16	+035,5	+133	4,13	F4 V	0,43	0,04
ι	21	22	14,7	−16	50	05	+033,3	+154	4,27*v*	G8 III	0,91	0,56
α^1	20	17	38,8	−12	30	30	+033,2	+113	4,27*v*?	G3 Ib	1,07	0,80
A	21	07	07,6	−25	00	21	+035,0	+146	4,49*v*?	M0,5 III	1,60	1,90
b	21	28	43,3	−21	48	26	+034,0	+158	4,50	G5 III	0,90	0,60
Компас												
α	8	43	35,5	−33	11	11	+024,2	−131	3,68*v*?	B1,5 III	−0,18	−0,85
β	8	40	06,2	−35	18	29	+023,5	−129	3,98	G7 Ib–II	0,93	0,65
γ	8	50	31,9	−27	42	36	+025,6	−135	4,01	K3 III	1,26	1,40
Корма												
ζ	8	03	35,0	−40	00	11	+021,1	−103	2,25*v*	O5 Iaf	−0,27	−1,09
π	7	17	08,5	−37	05	51	+021,2	−066	2,70*v*	K3 Ib	1,62	1,25
ρ	8	07	32,6	−24	18	15	+025,6	−106	2,81*v*	F6 IIp	0,43	0,19
τ	6	49	56,1	−50	36	53	+014,9	−043	2,93	K1 III	1,20	1,21
ν	6	37	45,6	−43	11	45	+018,4	−033	3,17*v*?	B8 III	−0,11	−0,41
σ	7	29	13,8	−43	18	05	+019,1	−076	3,25*v*	K5 III	1,52	1,77
ξ	7	49	17,6	−24	51	35	+025,3	−092	3,30*v*?	G3 Ib	1,26	1,16
c	7	45	15,2	−37	58	07	+021,4	−089	3,61*v*?	K2,5 Ib–II	1,73	1,70
α	7	52	13,0	−40	34	33	+020,7	−094	3,73	K1–2 II + a	1,05	0,75
$\varkappa^{AB}$	7	38	49,3	−26	48	07	+024,6	−084	3,81*v*?	B6 V + B7 V	−0,19	−0,56
3	7	43	48,4	−28	57	18	+024,1	−088	3,95*v*?	A2 Iabe	0,18	−0,07
p	7	49	14,3	−46	22	24	+018,3	−092	4,11	B0 III	−0,18	−1,01
e	7	56	51,5	−22	52	49	+025,8	−098	4,20	F7 II	0,72	0,43
J	7	53	18,2	−48	06	11	+017,7	−095	4,24*v*?	B0,5 Ib	−0,14	−0,99
16	8	09	01,5	−19	14	42	+026,8	−107	4,40	B5 IV	−0,15	−0,60
V	7	58	14,3	−49	14	42	+017,3	−099	4,41*v*	B1Vp + B3IV:	−0,17	−0,96
h^1	8	11	21,5	−39	37	07	+021,5	−108	4,42*v*	K3 Ib	1,61	1,76
h^2	8	14	02,8	−40	20	53	+021,3	−110	4,44	K1 II–III	1,17	1,09
q	8	18	33,3	−36	39	34	+022,6	−114	4,45	A7 III	0,22	0,11
2906	7	34	03,1	−22	17	46	+025,7	−080	4,45	F6 IV	0,51	0,07
o	7	48	05,1	−25	56	14	+025,0	−091	4,49*v*	B0 V:pe:	−0,06	−1,01
l	7	12	33,6	−46	45	34	+017,3	−062	4,49*v*	F0 IV	0,32	−0,01
b	7	52	38,6	−38	51	47	+021,3	−094	4,49*v*	B2,5 V	−0,19	−0,69

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001′/год		км/с	км/с			
θ	0,76	0,57	28	−78	−206	+017	<17	2	11,0	65,4
ζ	0,80	0,55	12	38	−38	+009 SB1O	<19:	2	6,2	187,0
υ	1,26	1,04	10	133	−24	+018				
δ	−0,07	−0,21	5	14	−2	+013 SB	13			
π	−0,04	−0,14	7	−7	−8	+015 SB	18			
μ	0,30	0,19	38	285	−30	+030 SBO	54	2	1,4	0,1
ξ^2	0,01	−0,05	18	41	−14	+011 SB?	63			
ξ^1	0,67	0,50	9	−26	−14	−004 SB	<17	2	2,0	0,0
7	1,40	1,14	6	−27	−73	−023				
(Capricornus, Cap)										
δ	0,24	0,16	84	263	−296	−006 SBO	87	4	2,0	0,0
β	0,55	0,50	9	48	14	−019 SBO	54	8	0,3	0,0
α^2	0,67	0,49	30	61	2	+000 SB?	<17	9	0,4	377,7 AE
γ	0,20	0,13	23	187	−22	−031 SB	30			
ζ	0,65	0,44	8	−2	18	+003 SB	<19	2	8,6	21,3
θ	0,01	−0,02	20	79	−61	−011 SB	123			
ω	1,25	0,94	5	−7	−2	+009 V				
ψ	0,36	0,20	68	−51	−156	+026 V	37			
ι	0,62	0,48	15	30	5	+012	<17			
α^1	0,78	0,55	4	22	0	−026 SB	:54	9	0,4	377,7
A	1,28	0,98	6	−27	−43	+032 V		2	7,1	26,2
b	0,67	0,46	18	133	−5	−022 V				
(Pyxis, Pyx)										
α	−0,08	−0,17	3	−14	10	+015 V?	19			
β	0,66	0,48	8	9	−21	−013 SB		2	8,5	12,6
γ	0,95	0,67	15	−133	88	+025				
(Puppis, Pup)										
ζ	−0,11	−0,22	2	−30	16	−024 V?	211			
π	1,24	0,91	2	−10	7	+016		2	5,3	69,2
ρ	0,35	0,21	51	−83	46	+046 SB	14	2	10,9	29,6
τ	0,85	0,60	17	34	−65	+036 SB1O				
ν	0,00	−0,07	7	0	−3	+028 SB	228			
σ	1,21	0,92	17	−59	188	+088 SB1O		2	5,3	22,3
ξ	0,87	0,55	2	−5	0	+003 SB		2	9,5	5,1
c	1,35	1,00	2	−10	5	+017				
α	0,81	0,56	9	−13	5	+024 SB1O				
$\varkappa^{AB}$	−0,04	−0,16	7	−17	23	+024	65	3	0,1	9,9 AB
3	0,27	0,18	0	−4	3	+025 SBO	73			
p	−0,08	−0,17	1	−4	9	+024	49	2	4,9	59,2
e	0,59	0,38	6	−29	12	+014	21			
J	−0,02	−0,12	1	−4	5	+041	238			
16	−0,03	−0,14	6	−9	−5	+019 SB?	188			
V	—	—	2	−7	6	+019 SB2O		5	5,9	39,2 AD
h^1	1,20	0,88	1	−8	3	+016 SB				
h^2	0,84	0,64	10	44	−65	+014 SB1O		2	5,1	51,1
q	0,21	0,13	35	−111	100	+005	129			
2906	0,51	0,27	38	−40	46	+061	0			
o	0,12	0,00	1	−10	4	+015 V	368	2	8,0	27,0
l	0,32	0,22	47	−135	106	−001	54			
b	−0,08	−0,16	5	−9	4	−031 SB	187			

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Лебедь								
α	20 41 25,8	+45 16 49	+020,5	+130	1,25*v*	A2 Iae	0,09	−0,23
γ	20 22 13,6	+40 15 24	+021,6	+116	2,23*v*?	F8 Ib	0,67	0,54
ε	20 46 12,6	+33 58 13	+024,0	+133	2,46	K0 III	1,03	0,87
δ	19 44 58,4	+45 07 51	+018,7	+088	2,87*v*?	B9,5IV + F1V	−0,02	−0,10
β^1	19 30 43,2	+27 57 35	+024,2	+077	3,14*v*?	K3II + B0,5V	1,14	0,68
ζ	21 12 56,1	+30 13 37	+025,6	+149	3,21	G8 III Ba	0,99	0,76
τ	21 14 47,4	+38 02 44	+023,9	+150	3,73*v*	F2 IV	0,40	0,03
ξ	21 04 55,8	+43 55 40	+021,9	+144	3,73*v*?	K4–5 Ib–II	1,66	1,78
$\varkappa$	19 17 06,0	+53 22 07	+013,8	+066	3,76*v*?	G9 III	0,97	0,74
ι^2	19 29 42,2	+51 43 47	+015,1	+076	3,78	A5 Vn	0,15	0,13
o^1	20 13 37,8	+46 44 29	+018,9	+110	3,80*v*	K2 II + B3 V	1,28	0,42
η	19 56 18,3	+35 05 00	+022,6	+097	3,93*v*?	K0 III	1,03	0,88
ν	20 57 10,3	+41 10 02	+022,4	+140	3,94	A1 Vn	0,02	0,00
o^2	20 15 28,2	+47 42 52	+018,6	+111	3,98*v*	K3 Ib + B3 V	1,52	1,04
41	20 29 23,6	+30 22 07	+024,5	+121	4,01*v*?	F5 II	0,41	0,27
ρ	21 33 58,8	+45 35 31	+022,7	+161	4,02*v*?	G8 III CN	0,89	0,56
52	20 45 39,6	+30 43 11	+024,8	+132	4,23	K0 III	1,06	0,87
σ	21 17 24,9	+39 23 41	+023,6	+152	4,24*v*?	B9 Iab	0,13	−0,39
π^2	21 46 47,5	+49 18 35	+022,2	+167	4,24	B3 III	−0,12	−0,72
χ	19 50 33,8	+32 54 51	+023,1	+093	4,24*v*	S6 + /Ie	1,82	0,96
33	20 13 23,8	+56 34 04	+013,9	+110	4,30*v*?	A3 IV–Vn	0,11	0,08
υ	21 17 55,0	+34 53 49	+024,7	+152	4,42*v*	B2 Vne	−0,10	−0,82
39	20 23 51,5	+32 11 25	+024,0	+117	4,44	K3 III	1,33	1,50
$\mu^{1,2}$	21 44 08,6	+28 44 33	+026,7	+166	4,45	F6 V + G2 V	0,49	0,01
θ	19 36 26,4	+50 13 16	+016,1	+082	4,47	F4 V	0,39	−0,02
Лев								
α	10 08 22,3	+11 58 02	+032,1	−177	1,35*v*?	B7 V	−0,11	−0,36
β	11 49 03,5	+14 34 19	+030,9	−200	2,14*v*	A3 V	0,08	0,08
$\gamma^{1,2}$	10 19 58,4	+19 50 29	+032,8	−181	2,30*v*?	K1IIIb + G7III	1,15	1,00
δ	11 14 06,4	+20 31 25	+031,7	−196	2,56*v*?	A4 V	0,12	0,11
ε	9 45 51,0	+23 46 27	+034,0	−167	2,98*v*?	G1 II	0,81	0,44
θ	11 14 14,3	+15 25 46	+031,5	−196	3,35*v*?	A2 V	−0,02	0,07
η	10 07 19,9	+16 45 45	+032,6	−176	3,41*v*?	A0 Ib	−0,02	−0,22
ζ	10 16 41,3	+23 25 02	+033,3	−180	3,41*v*?	F0 III	0,31	0,17
o	9 41 09,0	+9 53 32	+032,1	−164	3,52	A5 V + F6 II	0,49	0,21
ρ	10 32 48,6	+9 18 24	+031,6	−186	3,85*v*	B1 Ib	−0,14	−0,95
μ	9 52 45,8	+26 00 25	+034,2	−170	3,88	K2IIIbCNCaBa	1,22	1,40
ι	11 23 55,4	+10 31 45	+031,1	−198	3,94*v*?	F4 IV	0,41	0,07
σ	11 21 08,1	+6 01 46	+031,0	−197	4,05	B9,5 Vs	−0,06	−0,13
υ	11 36 56,9	−0 49 26	+030,7	−199	4,30	G8,5 IIICN	1,01	0,74
λ	9 31 43,1	+22 58 04	+034,2	−160	4,31*v*?	K5 III	1,54	1,89
A	10 07 54,2	+9 59 51	+031,9	−177	4,38	K3,5 IIIb Fe	1,44	1,75
b	11 02 19,7	+20 10 47	+032,0	−194	4,42*v*?	A1m	0,05	0,05
$\varkappa$	9 24 39,2	+26 10 56	+034,9	−156	4,46*v*?	K2 III	1,23	1,31
φ	11 16 39,6	−3 39 06	+030,6	−196	4,47	A7 IVn	0,21	0,15
54	10 55 36,7	+24 44 59	+032,5	−192	4,50	A1 V	0,02	0,01

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Cygnus, Cyg)										
α	0,11	0,10	1	1	1	−005 V	21	2	10,0	75,4
γ	0,49	0,34	2	2	0	−008	20	4	8,5	141,2 A–BC
ε	0,73	0,54	45	356	330	−011 SB	<17	3	9,3	54,9 AB
δ	-0,01	-0,02	19	43	48	−020 SB	149	3	3,5	2,0 AB
β^1	0,88	0,65	8	−7	−5	−024 V	:25	3	2,0	34,7 AB
ζ	0,69	0,48	21	6	−68	+017 SB	<17	4	7,9	91,2 AC
τ	0,35	0,24	47	195	410	−021 SB	89	7	2,5	1,0 AB
ξ	1,18	0,92	2	8	0	−020 SB	<17			
$\varkappa$	0,63	0,47	26	60	122	−029 SB	<17			
ι^2	0,17	0,07	26	20	128	−020 V?	226			
o^1	0,97	0,76	2	4	1	−008 SBO	:25	6	1,0	337,5 AD
η	0,74	0,53	23	−34	−27	−027	<19:	5	7,7	46,0 AC
ν	0,05	0,00	9	8	−23	−028 SB	241			
o^2	1,20	0,92	2	3	1	−014 SBO	<25	2	5,5	208,9
41	0,36	0,23	4	6	0	−018 V?	13			
ρ	0,71	0,50	26	−24	−93	+007	<19:			
52	0,77	0,53	15	−8	24	−001	<17	2	5,0	6,1
σ	0,18	0,14	0	0	−3	−004 SB	28			
π^2	-0,05	-0,12	2	3	−1	−012 SBO	43			
χ	2,43	1,82	9	−23	−38	−002 V?		2	5,2	158,0
33	0,12	0,06	21	60	82	−018 SB	268			
υ	0,05	−0,08	3	11	6	+004 SB?	261	3	6,4	15,3 AB
39	1,01	0,67	12	35	−5	−015	<19:			
$\mu^{1,2}$	0,38	0,28	44	260	−242	+018 SB2	18	5	1,3	2,0 AB
θ	0,35	0,21	53	−8	262	−028	7	3	6,9	48,4 AC
(Leo, Leo)										
α	-0,02	-0,10	42	−249	4	+006 SB	329	4	6,8	177,6 AB
β	0,06	0,02	90	−499	−113	−000 V	121	4	6,5	264,0 AD
$\gamma^{1,2}$	0,85	0,62	25	310	−152	−037 SB	<17	4	1,2	4,5 AB
δ	0,12	0,03	56	143	−130	−020 V	181	3	6,0	191,4 AB
ε	0,62	0,43	13	−46	−9	+004 V?	<17			
θ	0,03	-0,02	18	−59	−79	+008 V	20			
η	0,09	-0,03	1	−1	0	+003 V	20	2	0,5	0,1
ζ	0,32	0,18	12	19	−7	−016 SB	84	2	2,3	325,9
o	0,41	0,23	24	−143	−37	+027 SBO	:50	3	0,2	0,5 Aa
ρ	-0,05	-0,16	0	−5	−3	+042 SB	61	2	0,4	0,1
μ	0,91	0,58	24	−216	−54	+014	<17			
ι	0,39	0,21	41	140	−77	−010 SB1O	20	2	2,8	1,1
σ	0,02	−0,07	15	−91	−12	−005 SB	65			
υ	0,72	0,52	18	1	43	+001	<19:	2	4,5	0,1
λ	1,22	0,90	9	−19	−39	+027 V	<17			
A	1,12	0,77	11	−81	−64	+041	<19:	2	7,7	7,9
b	0,06	-0,02	26	−9	39	−010	24			
$\varkappa$	0,91	0,63	15	−31	−48	+028	<19:	3	5,1	2,5 AB
φ	0,27	0,11	16	−108	−35	−003 V?	225	2	4,7	96,9
54	0,10	-0,01	11	−78	−14	+005 V	182	2	1,9	6,5

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Летучая Рыба								
β	8 25 44,3	−66 08 13	+006,5	−119	3,77*v*?	K1 III	1,13	1,14
γ^2	7 08 45,0	−70 29 57	−005,2	−059	3,78*v*?	K0 III	0,91	0,60
ζ	7 41 49,3	−72 36 22	−007,7	−086	3,95	K0 III	1,04	0,83
δ	7 16 49,8	−67 57 27	−000,4	−066	3,98	F6 II	0,79	0,45
α	9 02 26,9	−66 23 46	+009,4	−143	4,00	A2–3 IVm	0,14	0,13
ε	8 07 55,9	−68 37 02	+001,9	−106	4,35	B6 IV	−0,11	−0,46
Лира								
α	18 36 56,2	+38 47 01	+020,2	+032	0,03*v*	A0 Va	0,00	0,00
γ	18 58 56,5	+32 41 22	+022,5	+051	3,24*v*?	B9 III	−0,05	−0,08
β	18 50 04,7	+33 21 46	+022,2	+043	3,42*v*	B7 Ve + A8p	0,00	−0,57
R	18 55 20,0	+43 56 46	+018,3	+048	4,00*v*	M5 III	1,59	1,41
δ^2	18 54 30,1	+36 53 56	+021,0	+047	4,30*v*	M4 II	1,67	1,65
$\varkappa$	18 19 51,6	+36 03 52	+021,1	+017	4,34*v*?	K2 IIIab CN	1,17	1,19
ζ^1	18 44 46,3	+37 36 18	+020,7	+039	4,36*v*?	Am	0,19	0,16
η	19 13 45,4	+39 08 46	+020,5	+063	4,38*v*?	B2,5 IV	−0,14	−0,67
θ	19 16 22,0	+38 08 01	+020,9	+065	4,38*v*?	K0 II	1,26	1,23
ε^2	18 44 22,8	+39 36 46	+019,9	+038	4,50	A8Vn + F0Vn	0,18	0,08
ε^1	18 44 20,3	+39 40 12	+019,9	+038	4,68	A4 V + F1 V	0,17	0,06
Лисичка								
α	19 28 42,2	+24 39 54	+025,1	+075	4,45*v*?	M0 III	1,50	1,82
23	20 15 46,0	+27 48 51	+024,9	+112	4,52	K3 IIICNBaFe	1,26	1,11
Малая Медведица								
α	2 31 50,5	+89 15 51	+669,3	+158	2,02*v*	F7: Ib–IIv	0,60	0,38
β	14 50 42,2	+74 09 20	−001,1	−147	2,08*v*?	K4 III Ba	1,47	1,77
γ	15 20 43,6	+71 50 02	−000,5	−128	3,05*v*	A3 II–III	0,05	0,11
ε	16 45 57,8	+82 02 14	−059,6	−063	4,23*v*	G5 III	0,90	0,55
5	14 27 31,4	+75 41 45	−000,6	−160	4,25*v*?	K4 IIIBa	1,44	1,70
ζ	15 44 03,3	+77 47 40	−020,4	−112	4,32*v*?	A3 Vn	0,04	0,05
δ	17 32 12,5	+86 35 11	−191,1	−024	4,36	A1 Vn	0,02	0,03
Малый Конь								
α	21 15 49,3	+5 14 52	+029,9	+151	3,90	G0III + A5V	0,52	0,30
δ	21 14 28,8	+10 00 25	+029,2	+150	4,49	F5 V + G0 V	0,50	−0,01
Малый Лев								
o	10 53 18,6	+34 12 53	+033,3	−192	3,83*v*?	K0 III–IV	1,04	0,92
β	10 27 52,9	+36 42 26	+034,6	−184	4,21	G9 IIIab	0,90	0,65
21	10 07 25,7	+35 14 41	+035,2	−176	4,49*v*?	A7 V	0,18	0,07
Малый Пес								
α	7 39 18,1	+5 13 30	+031,9	−084	0,37*v*?	F5 IV–V	0,42	0,03
β	7 27 09,0	+8 17 21	+032,6	−074	2,89*v*	B8 Ve	−0,09	−0,28
γ	7 28 09,7	+8 55 32	+032,7	−075	4,30*v*?	K3 III	1,43	1,53
3145	8 02 15,9	+2 20 04	+031,2	−102	4,38*v*?	K2 III	1,25	1,28
Муха								
α	12 37 11,0	−69 08 08	+036,4	−197	2,70*v*	B2 IV–V	−0,22	−0,85
β	12 46 16,9	−68 06 29	+037,4	−196	3,06	B2,5 V	−0,18	−0,74
δ	13 02 16,3	−71 32 56	+041,5	−193	3,62	K2 III	1,18	1,26
λ	11 45 36,4	−66 43 43	+028,8	−200	3,64	A7 III	0,16	0,15
γ	12 32 28,0	−72 07 58	+036,6	−198	3,88*v*	B5 V	−0,15	−0,61
ε	12 17 34,2	−67 57 38	+033,3	−199	4,02*v*	M5 III	1,58	1,67

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, "
			0,001"	0,001"/год		км/с	км/с			
(Volans, Vol)										
β	0,84	0,56	30	−35	−152	+027				
γ^2	0,72	0,48	23	23	108	+003 V?		2	1,9	13,6
ζ	0,79	0,53	24	33	15	+048		2	5,8	16,7
δ	0,66	0,38	4	−4	8	+023	0			
α	0,12	0,05	26	−2	−95	+005 SB2	45			
ε	−0,04	−0,09	5	−29	30	+010 SBO	38	2	3,6	6,0
(Lyra, Lyr)										
α	−0,04	−0,03	128	201	287	−014 V	15	5	10,4	62,8 AB
γ	−0,03	−0,01	5	−2	1	−021 V	76	4	8,3	176,9 AC
β	0,11	0,02	3	1	−4	−019 SBO		6	5,2	45,7 AB
R	2,05	1,91	9	19	80	−028 SBO				
δ^2	1,78	1,63	3	−6	3	−026		3	7,0	86,2 AB
$\varkappa$	0,86	0,55	13	−16	41	−022	<17			
ζ^1	0,15	0,08	21	29	26	−026 SB1O	27	5	1,4	43,7 AD
η	−0,10	−0,15	3	−1	0	−008 SB1?	24	3	4,0	28,3 AB
θ	0,87	0,58	4	0	1	−031	<19:	3	4,7	100,2 AB
ε^2	—	—	20	6	52	−026 V?	190	5	0,2	3,0 CD
ε^1	—	—	20	11	60	−032 V	175	5	1,0	2,8 AB
(Vulpecula, Vul)										
α	1,21	0,97	11	−126	−106	−086 V?		2	1,4	413,7
23	0,96	0,71	9	−34	5	+003	<19:			
(Ursa Minor, UMi)										
α	0,49	0,31	7	44	−11	−017 SBO	17	5	6,8	18,4 AB
β	1,11	0,76	25	−32	11	+017 V	<17	2	9,2	209,1
γ	0,08	0,06	6	−18	17	−004 V	171			
ε	0,70	0,47	9	19	4	−011 SB1O	23	2	8,3	76,9
5	1,05	0,75	9	8	22	+010	<17	3	7,8	58,8 AC
ζ	0,06	0,01	8	20	−2	−013 V	206			
δ	0,05	−0,01	17	10	53	−008 V?	174			
(Equuleus, Equ)										
α	0,44	0,35	17	59	−94	−016 SBO	:50	2		0,1
δ	0,43	0,28	54	42	−303	−015 SB2O	10	3	0,3	0,2 AB
(Leo Minor, LMi)										
o	0,83	0,54	33	92	−286	+016 V	<19:			
β	0,69	0,46	22	−127	−109	+006 SBO	<19:	2	1,7	0,5
21	0,18	0,07	35	50	0	−018 V	148			
(Canis Minor, CMi)										
α	0,42	0,23	285	−716	−1034	−003 SBO	6	5	10,4	4,6 AC
β	−0,01	−0,06	19	−50	−38	+022 SB	276	5	7,8	138,7 AE
γ	1,11	0,79	8	−59	10	+047 SB1O	<17	4	5,9	130,0 AD
3145	0,99	0,67	12	−28	105	+071	<19:	2	4,7	241,4
(Musca, Mus)										
α	−0,06	−0,24	10	−39	−12	+013 V	147	2	10,1	29,6
β	−0,09	−0,21	10	−40	−10	+042 V	184	2	0,2	1,3
δ	0,88	0,59	35	263	−23	+037 SBO				
λ	0,14	0,08	25	−100	33	+016	71	2	9,0	40,6
γ	−0,03	−0,17	10	−50	−5	+003 V?	188			
ε	1,90	1,76	10	−231	−26	+007 SB				

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Насос								
α	10 27 09,1	−31 04 04	+027,6	−184	4,25*v*?	K4 III	1,45	1,63
ε	9 29 14,7	−35 57 06	+024,8	−158	4,51	K3 IIIa	1,44	1,68
Наугольник								
γ^2	16 19 50,3	−50 09 20	+045,2	−085	4,02	G8 III	1,08	1,17
ε	16 27 11,0	−47 33 18	+044,1	−079	4,47	B4 V	−0,07	−0,53
Овен								
α	2 07 10,3	+23 27 45	+033,8	+170	2,01*v*?	K2 IIIab Ca	1,16	1,12
β	1 54 38,3	+20 48 29	+033,2	+175	2,65*v*?	A5 V	0,13	0,10
c	2 49 59,0	+27 15 38	+035,4	+147	3,62*v*?	B8 Vn	−0,10	−0,38
$\gamma^{1,2}$	1 53 31,8	+19 17 40	+033,0	+176	4,04*v*	B9V + ApSi	−0,04	−0,13
δ	3 11 37,7	+19 43 36	+034,3	+134	4,37*v*?	K2 IIIv	1,03	0,86
999	3 20 20,3	+29 02 55	+036,4	+128	4,47	K2 II–III	1,54	1,77
39	2 47 54,5	+29 14 50	+035,7	+149	4,52	K1 III	1,11	1,03
Октант								
ν	21 41 28,6	−77 23 24	+064,6	+165	3,76*v*?	K0 III	1,00	0,89
β	22 46 03,3	−81 22 54	+058,6	+190	4,15	A9 IV–V	0,20	0,11
δ	14 26 54,8	−83 40 04	+102,6	−160	4,32*v*?	K2 III	1,31	1,45
Орел								
α	19 50 46,9	+8 52 06	+028,9	+093	0,76*v*?	A7 V	0,22	0,09
γ	19 46 15,5	+10 36 48	+028,5	+089	2,72*v*?	K3 II	1,51	1,70
ζ	19 05 24,5	+13 51 48	+027,6	+056	2,99*v*?	A0 Vn	0,01	−0,01
θ	20 11 18,2	−0 49 17	+030,9	+108	3,22*v*?	B9,5 III	−0,07	−0,12
δ	19 25 29,8	+3 06 53	+030,1	+073	3,36*v*?	F3 IV	0,32	0,04
λ	19 06 14,8	−4 52 57	+031,8	+057	3,43	B9 Vn	−0,09	−0,27
β	19 55 18,7	+6 24 24	+029,4	+096	3,72*v*?	G8 IV	0,86	0,48
η	19 52 28,3	+1 00 20	+030,5	+094	3,90*v*	F6 Ibv	0,89	0,51
i	19 01 40,7	−5 44 20	+032,0	+053	4,02*v*?	K1 IIIv	1,09	1,04
ε	18 59 37,3	+15 04 06	+027,3	+051	4,02	K1 III CN Ba	1,08	1,04
71	20 38 20,2	−1 06 19	+030,9	+127	4,33*v*?	G8 III	0,96	0,69
ι	19 36 43,2	−1 17 11	+031,0	+082	4,36*v*?	B5 III	−0,09	−0,44
μ	19 34 05,3	+7 22 44	+029,2	+080	4,45*v*?	K3 IIIb	1,18	1,24
Орион								
β	5 14 32,2	−8 12 06	+028,9	+039	0,13*v*	B8 Iae:	−0,03	−0,66
α	5 55 10,3	+7 24 25	+032,5	+004	0,50*v*	M1–2 Ia–Iab	1,89	2,07
γ	5 25 07,8	+6 20 59	+032,2	+030	1,64*v*?	B2 III	−0,22	−0,88
ε	5 36 12,7	−1 12 07	+030,5	+021	1,69*v*	B0 Iae	−0,18	−1,03
ζ^{AB}	5 40 45,5	−1 56 34	+030,3	+017	1,90*v*?	O9,5Ib + B0III	−0,21	−1,06
$\varkappa$	5 47 45,3	−9 40 11	+028,5	+011	2,06*v*?	B0,5 Iav	−0,18	−1,01
δ	5 32 00,3	−0 17 57	+030,7	+024	2,24*v*	B0III + O9V	−0,22	−1,06
ι	5 35 25,9	−5 54 36	+029,4	+021	2,76	O9 III	−0,24	−1,08
π^3	4 49 50,3	+6 57 41	+032,3	+060	3,18*v*?	F6 V	0,45	−0,01
η	5 24 28,6	−2 23 49	+030,2	+031	3,35*v*	B1 V + B2e	−0,17	−0,93
τ	5 17 36,3	−6 50 40	+029,2	+037	3,59	B5 III	−0,12	−0,46
λ	5 35 08,2	+9 56 03	+033,1	+022	3,66*v*?	O8e	−0,19	−1,02
π^4	4 51 12,3	+5 36 18	+032,0	+059	3,68*v*?	B2III + B2IV	−0,16	−0,81
π^5	4 54 15,0	+2 26 26	+031,3	+057	3,73*v*	B3III + B0V	−0,19	−0,82
σ	5 38 44,7	−2 36 00	+030,1	+019	3,80*v*?	O9,5 V	−0,25	−1,01

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Antlia, Ant)										
α	1,10	0,79	8	−80	9	+012 SB				
ε	1,01	0,76	4	−24	5	+022 SB				
(Norma, Nor)										
γ^2	0,78	0,58	25	−159	−52	−029	:12	2	6,0	44,9
ε	0,04	−0,04	8	−13	−20	−012 SB2O	165	2	2,7	22,8
(Aries, Ari)										
α	0,86	0,61	49	190	−145	−014 SB	<17			
β	0,14	0,08	54	96	−108	−002 SBO	79			
c	−0,03	−0,10	20	65	−116	+004 SB	180	4	4,8	124,9 AD
$\gamma^{1,2}$	0,01	−0,05	15	79	−99	+002 V	150	3	0,1	7,8 AB
δ	0,77	0,51	19	154	−8	+025	<17			
999	1,20	0,88	5	−8	−16	−002	<17			
39	0,80	0,58	18	148	−125	−015	<17			
(Octans, Oct)										
ν	—	—	47	64	−240	+034 SBO		2	0,1	
β	0,22	0,10	23	−55	0	+024 SB	71			
δ	—	0,49	11	−95	−12	+005				
(Aquila, Aql)										
α	0,14	0,13	194	536	385	−026	242	3	8,6	165,2 AB
γ	1,07	0,78	7	15	−3	−002 V	<17	2	8,0	132,6
ζ	0,01	0,00	39	−7	−95	−025 SB	331	3	8,4	158,6 AC
θ	−0,07	−0,04	11	35	6	−027 SB2O	63	2	9,6	113,7
δ	0,25	0,16	65	253	80	−030 SB	85	3	7,5	108,9 AB
λ	−0,03	−0,09	26	−19	−90	−012 V	176			
β	0,67	0,49	72	46	−481	−040 V	:16	3	7,7	175,0 AC
η	—	0,47	2	6	−7	−015 SB	0			
i	0,79	0,54	21	−24	−39	−044	<17			
ε	0,76	0,52	21	−52	−73	−048 SB	<17	3	5,9	131,1 AB
71	0,67	0,46	8	15	−17	−006 SB1O	<19:	2	7,5	32,2
ι	0,02	−0,08	10	1	−20	−021 V	95	2	8,9	47,0
μ	0,90	0,61	29	212	−155	−024	<19:	6	5,0	177,5 AE
(Orion, Ori)										
β	0,00	−0,02	4	1	0	+021 SB	33	4	6,5	9,5 A-BC
α	1,57	1,28	7	27	10	+021 SB		6	9,9	174,4 AE
γ	−0,09	−0,22	13	−8	−13	+018 SB?	59	2	10,5	179,0
ε	−0,07	−0,17	2	1	−1	+026 SB	87	2	8,7	179,9
ζ^{AB}	−0,07	−0,20	3	3	2	+018 SB	140	3	2,2	2,4 AB
$\varkappa$	−0,03	−0,18	4	1	−1	+021 V?	82			
δ	−0,08	−0,22	3	1	0	+016 SBO	152	3	4,6	51,7 AC
ι	−0,08	−0,20	2	2	0	+022 SB2O	130	3	4,5	11,4 AB
π^3	0,41	0,26	124	463	11	+024 SB2	17	2	5,5	94,6
η	−0,09	−0,21	3	0	−3	+020 SB2O	46	3	1,4	1,5 AB
τ	−0,02	−0,11	5	−15	−9	+020 SB	46	4	7,2	36,0 AD
λ	−0,06	−0,17	3	−1	−1	+034	66	4	2,0	4,4 AB
π^4	−0,06	−0,16	2	−3	1	+023 SBO	40			
π^5	−0,06	−0,20	2	1	0	+023 SBO	93			
σ	−0,07	−0,24	2	4	0	+029 SB	94	5	0,8	0,2 AB

Продолжение таблицы 46

*	α			δ			Δα	Δδ	V	Спектр	B − V	U − B
	h	m	s	°	′	″	s	″				
o^2	4	56	22,2	+13	30	52	+033,8	+055	4,06	K2 III	1,15	1,10
φ^2	5	36	54,3	+9	17	26	+032,9	+020	4,09	K0 IIIb CN	0,95	0,66
e	5	23	56,8	−7	48	29	+028,9	+031	4,12	G8 III CN	0,96	0,70
μ	6	02	23,0	+9	38	51	+033,0	−002	4,12*v*?	A2 V	0,18	0,11
A	5	30	47,0	+5	56	53	+032,1	+025	4,20	B5 V	−0,13	−0,56
π^2	4	50	36,7	+8	54	01	+032,7	+060	4,35	A1 Vn	0,01	0,03
φ^1	5	34	49,2	+9	29	22	+033,0	+022	4,41	B0 III	−0,15	−0,97
χ^1	5	54	22,9	+20	16	34	+035,7	+005	4,41*v*	G0 V	0,59	0,08
ν	6	07	34,3	+14	46	06	+034,3	−007	4,42	B3 V	−0,15	−0,68
ρ	5	13	17,4	+2	51	40	+031,4	+040	4,44*v*?	K3 III	1,19	1,13
π^o	4	58	32,8	+1	42	51	+031,1	+053	4,47*v*?	K2 II	1,41	1,59
ξ	6	11	56,4	+14	12	31	+034,1	−010	4,48	B3 IV	−0,17	−0,66
2113	6	00	03,3	−3	04	27	+030,0	+000	4,52*v*?	K2 IIIv	1,22	1,21
Павлин												
α	20	25	38,8	−56	44	07	+047,1	+119	1,94*v*?	B2 IV	−0,20	−0,71
β	20	44	57,4	−66	12	11	+053,5	+132	3,42	A7 III	0,16	0,12
δ	20	08	43,2	−66	10	56	+056,3	+107	3,56*v*?	G6–8 IV	0,76	0,46
η	17	45	43,9	−64	43	26	+058,9	−012	3,62	K2 II	1,19	1,17
ε	20	00	35,4	−72	54	38	+068,3	+100	3,96*v*?	A0 V	−0,03	−0,05
ζ	18	43	02,1	−71	25	42	+069,7	+037	4,01	K0 III	1,14	1,02
γ	21	26	26,7	−65	21	59	+048,8	+157	4,22*v*?	F6 V	0,48	−0,13
λ	18	52	12,9	−62	11	16	+055,4	+045	4,22*v*	B2 II–IIIe	−0,14	−0,89
π	18	08	34,7	−63	40	06	+057,7	+007	4,35*v*?	A7p Sr	0,22	0,18
ξ	18	23	13,5	−61	29	38	+055,2	+020	4,36*v*?	K4 III	1,48	1,55
$\varkappa$	18	56	57,0	−67	14	01	+061,5	+049	4,44*v*	F5 I–II	0,71	0,60
Паруса												
γ^2	8	09	31,9	−47	20	12	+018,5	−107	1,83*v*	WC8 + O7,5e	−0,25	−0,94
δ	8	44	42,2	−54	42	30	+016,6	−132	1,96*v*	A1 V	0,04	0,07
λ	9	07	59,7	−43	25	57	+022,1	−146	2,21*v*	K4 Ib–IIa	1,65	1,81
$\varkappa$	9	22	06,8	−55	00	38	+018,6	−154	2,50	B2 IV–V	−0,18	−0,75
μ	10	46	46,1	−49	25	12	+025,9	−190	2,69	G5 III + G2V	0,90	0,57
N	9	31	13,3	−57	02	04	+018,3	−159	3,13*v*	K5 III	1,55	1,89
φ	9	56	51,7	−54	34	04	+021,2	−172	3,53	B5 Ib	−0,08	−0,62
ψ	9	30	41,9	−40	28	00	+023,9	−159	3,60*v*?	F3IV + F0IV	0,36	−0,07
o	8	40	17,6	−52	55	19	+017,2	−129	3,60*v*	B3 IV	−0,18	−0,62
c	9	04	09,2	−47	05	52	+020,8	−144	3,75	K2 III	1,20	1,21
b	8	40	37,6	−46	38	55	+020,0	−129	3,81*v*?	F3 Ia	0,71	0,34
p	10	37	18,0	−48	13	33	+025,5	−187	3,84	F4 IV + F3	0,29	0,06
q	10	14	44,1	−42	07	19	+025,4	−179	3,85	A2 V	0,05	0,08
a	8	46	01,7	−46	02	30	+020,4	−133	3,91	A1 III	0,00	−0,05
d	8	44	23,9	−42	38	57	+021,5	−131	4,07	G5 III	0,87	0,52
e	8	37	38,6	−42	59	21	+021,1	−127	4,14	A6 II	0,10	0,15
γ^1	8	09	29,2	−47	20	44	+018,5	−107	4,27*v*?	B1 IV	−0,23	−0,92
x	10	39	18,3	−55	36	12	+024,0	−188	4,28	G2–3 Ib	1,03	0,77
M	9	36	49,7	−49	21	18	+021,7	−162	4,35	A5 IV–V	0,17	0,12
i	11	00	09,2	−42	13	33	+027,6	−193	4,39	A3 IV	0,11	0,12
w	9	00	05,4	−41	15	14	+022,5	−141	4,45*v*?	G8–K1III + A	0,65	0,38
I	10	20	55,4	−56	02	36	+022,5	−182	4,50*v*	B3 IIIe	−0,12	−0,58

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, "
			0,001"	0,001"/год		км/с	км/с			
o^2	0,88	0,63	19	−77	−45	+001	<17	3	7,5	100,4 AC
φ^2	0,76	0,55	28	96	−304	+099				
e	0,72	0,50	18	−13	−44	−018 V?	<17			
μ	0,16	0,09	21	14	−37	+045 SB1O	24	3	1,8	0,3 AB
A	−0,06	−0,14	11	6	−32	+019 V?	176	2	1,3	0,9
π^2	0,06	0,00	16	0	−31	+024 SB	212			
φ^1	−0,01	−0,17	3	−1	−2	+033 SBO	39			
χ^1	0,51	0,31	115	−163	−98	−014 SB?	6	3		0,6
ν	−0,07	−0,16	6	4	−21	+024 SB1O	41			
ρ	0,85	0,60	9	3	4	+041 SB1O	<17	3	3,9	6,9 AB
π^6	1,06	0,69	3	−1	−7	+014	<17			
ξ	−0,05	−0,16	5	−1	−20	+024 SB1	223	3	7,9	40,0 AB
2113	0,93	0,67	7	6	−72	+026	<17			
(Pavo, Pav)										
α	−0,09	−0,16	17	7	−86	+002 SBO	39	3	7,1	245,4 AB
β	—	—	23	−42	10	+010	86			
δ	0,61	0,34	163	1210	−1130	−022				
η	—	—	8	−11	−56	−008				
ε	—	−0,03	30	80	−131	−002 V?	110			
ζ	—	0,42	15	1	−158	−016	:9	2	7,9	55,6
γ	0,47	0,30	108	81	800	−030	8			
λ	−0,04	−0,16	1	−1	−13	+009 V	189	2	8,0	63,1
π	—	—	23	17	−207	−016 SB	20			
ξ	—	—	7	0	1	+012 SBO		3	4,6	3,5 AB
$\varkappa$	—	—	6	−7	16	+038 V				
(Vela, Vel)										
γ^2	−0,02	−0,15	3	−5	9	+035 SB2O		5	2,3	41,2 AB
δ	0,06	0,03	40	28	−104	+002 V?	40	4	3,0	2,2 AB
λ	1,24	0,94	5	−23	14	+018		2	12,6	18,2
$\varkappa$	−0,05	−0,19	6	−10	11	+022 SBO	49			
μ	0,68	0,49	28	62	−53	+006 SB		2	3,7	1,7
N	1,20	0,89	13	−32	6	−014				
φ	0,02	−0,08	1	−13	2	+014	45	2	8,3	37,2
ψ	0,36	0,22	53	−147	48	+009 V	201:	2	0,5	0,7
o	−0,06	−0,18	6	−24	35	+016 SB	40			
c	0,82	0,60	10	−46	−9	+024				
b	0,65	0,54	1	−6	4	+025 V	38	2	6,9	37,5
p	0,27	0,16	37	−131	−1	+019 SB2O	0	2	0,9	0,3
q	0,02	0,02	31	−150	49	+007 SB	91			
a	0,05	0,13	2	−12	4	+024	25			
d	0,63	0,50	14	−23	19	−002		2	7,1	45,3
e	0,16	0,13	2	−10	9	+019	0			
γ^1	−0,11	−0,18	—	−9	−6	+020 SB	119	5	2,3	41,2 BA
x	0,79	0,46	3	−18	4	+020		3	2,2	51,8 AB
M	0,15	0,10	30	−130	42	+021	144	2	8,7	25,7
i	0,13	0,07	15	23	4	−005	111			
w	0,55	0,41	16	−40	54	−007 SB1O	0			
l	−0,03	−0,09	2	−18	1	+010	81	3	3,7	7,1 AB

Продолжение таблицы 46

*	α			δ			$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h	m	s	°	′	″	s	″				
Пегас												
ε	21	44	11,1	+9	52	30	−029,5	+166	2,39*v*	K2 Ib	1,52	1,70
β	23	03	46,4	+28	04	58	−029,0	+194	2,42*v*	M2.5 II–III	1,67	1,96
α	23	04	45,6	+15	12	19	−029,9	+194	2,48*v*?	B9 V	−0,04	−0,06
γ	0	13	14,1	+15	11	01	+031,0	+200	2,84*v*	B2 IV	−0,23	−0,86
η	22	43	00,1	+30	13	17	+028,2	−189	2.95*v*?	G2II–III + F0V	0,86	0,57
ζ	22	41	27,6	+10	49	53	+029,9	−188	3,41	B8 V	−0,08	−0,23
μ	22	50	00,1	+24	36	06	+028,9	−191	3,48	G8 III	0,94	0,68
θ	22	10	11,9	+6	11	52	+030,1	+177	3,55*v*?	A2 V	0,07	0,10
ι	22	07	00,6	+25	20	42	+027,8	+176	3,76*v*?	F5 V	0,44	−0,03
λ	22	46	31,8	+23	33	56	+028,9	+190	3,93	G8 IIIa	1,07	0,93
1	21	22	05,1	+19	48	16	+027,7	+154	4,09	K1 III	1,11	1,05
$\varkappa$	21	44	38,6	+25	38	42	+027,2	+166	4,12*v*?	F5 IV	0,44	0,03
ξ	22	46	41,5	+12	10	22	+029,8	+190	4,19*v*?	F6 III–IV	0,49	−0,02
π^2	22	09	59,2	−33	10	42	+026,7	+177	4,29	F5 III	0,47	0,17
9	21	44	30,6	−17	21	00	+028,4	+166	4,35*v*?	G5 Ib	1,17	0,96
υ	23	25	22,7	−23	24	15	+029,9	+198	4,40	F8 III	0,61	0,14
55	23	07	00,2	+9	24	34	−030,2	+195	4,51*v*?	M1 IIIab	1,58	1,88
Персей												
α	3	24	19,3	+49	51	41	+043,1	−126	1,79*v*?	F5 Ib	0,48	0,39
β	3	08	10,1	+40	57	21	+039,2	−136	2,12*v*	B8 V	−0,05	−0,37
ζ	3	54	07,9	+31	53	01	+037,8	+104	2,85*v*?	B1 Ib	0,15	−0,82
ε	3	57	51,2	+40	00	37	+040,4	+102	2,89*v*	B0,5V + A2V	−0,18	−1,00
γ	3	04	47,7	+53	30	23	+043,8	+138	2,93*v*	G8III + A2V	0,70	0,45
δ	3	42	55,4	+47	47	15	+042,9	+113	3,01*v*	B5 III	−0,12	−0,51
ρ	3	05	10,5	+38	50	25	+038,5	+138	3,39*v*	M4 II	1,65	1,79
η	2	50	41,8	+55	53	44	+044,1	+147	3,79*v*?	M3 Ib–IIa	1,69	1,90
ν	3	45	11,6	+42	34	43	+040,9	+111	3,80*v*?	F5 II	0,42	0,28
$\varkappa$	3	09	29,7	+44	51	27	+040,5	+135	3,81*v*?	K0 III	0,98	0,83
o	3	44	19,1	+32	17	18	−037,7	+112	3,83*v*	B1 III	0,05	−0,75
τ	2	54	15,4	+52	45	45	+042,8	+145	3,96*v*	G4III + A4V	0,75	0,46
υ	4	08	39,6	+47	42	45	+043,7	+093	4,03*v*	B3 Ve	−0,03	−0,55
ξ	3	58	57,8	+35	47	28	+039,1	−101	4,04*v*	O7e	0,02	−0,93
ι	3	09	04,0	+49	36	48	+042,3	+136	4,05	G0 V	0,60	0,12
φ	1	43	39,6	+50	41	20	+037,9	+180	4,06*v*	B2 Vep	−0,04	−0,92
θ	2	44	11,9	+49	13	43	+040,9	+151	4,13*v*?	F8 V	0,49	0,00
μ	4	14	53,8	+48	24	34	+044,2	+089	4,16*v*?	G0 Ib	0,96	0,63
ψ	3	36	29,3	+48	11	34	+042,8	+117	4,23*v*	B5 Ve	−0,06	−0,56
16	2	50	34,9	+38	19	07	+037,9	+147	4,23*v*?	F2 III	0,34	0,08
e	4	36	41,3	+41	15	53	+041,7	+071	4,26	K4III + A3V	1,24	0,81
λ	4	06	35,0	+50	21	05	+044,9	+095	4,29	A0 IVn	0,02	−0,04
σ	3	30	34,4	+47	59	43	+042,5	−121	4,38*v*?	K3 III	1,34	1,53
Печь												
α	3	12	04,2	−28	59	14	+025,3	+134	3,85*v*?	F8 V	0,51	0,05
β	2	49	05,4	−32	24	22	+025,1	+148	4,46	G8 IIIb	0,99	0,69
Райская Птица												
α	14	47	51,6	−79	02	41	+076,8	−149	3,83	K2,5 III	1,43	1,68
γ	16	33	27,1	−78	53	49	−093,9	−074	3,89	G8–K0 III	0,91	0,62
β	16	43	04,4	−77	31	03	−087,6	−066	4,24	K0 III	1,06	0,95

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Pegasus, Peg)										
ε	1,05	0,76	4	30	1	+005 V	<17	3	6,1	142,5 AC
β	1,50	1,32	16	187	137	+009 V		3	7,0	253,1 AC
α	0,01	−0,03	23	61	−42	−004 SB	148			
γ	−0,10	−0,19	9	4	−8	+004 SB	3	3	8,9	163,4 AB
η	0,64	0,48	15	13	−26	+004 SB1O	9	6	5,1	90,4 A–BC
ζ	−0,02	−0,07	15	77	−10	+007 V?	194	2	8,9	64,3
μ	0,68	0,47	27	144	−43	+014	7			
θ	0,05	0,04	33	281	31	−006 SB2	117			
ι	0,40	0,25	85	296	26	−004 SB1O	7	2	7,4	103,7
λ	0,77	0,50	8	56	−10	−004	<19:			
1	0,79	0,54	21	105	62	−076 SB	<17	3	4,9	36,2 AB
$\varkappa$	0,37	0,25	28	46	13	−008 SB1O	29	3	0,4	0,3 AB
ξ	0,44	0,31	61	233	−492	−005 V	7	3	7,5	145,0 AC
π^2	0,39	0,28	12	−12	−17	+002	139			
9	0,82	0,55	3	7	−10	−022	20			
υ	0,54	0,32	18	193	36	−011	79			
55	1,26	1,02	10	6	−12	−005				
(Perseus, Per)										
α	0,45	0,33	5	24	−26	−002 V	18	2	10,0	167,0
β	0,04	−0,03	35	2	−1	+004 SBO	65	6	8,3	81,9 AD
ζ	0,13	0,02	3	4	−9	+020 SB	59	5	6,5	12,9 AB
ε	−0,07	−0,18	6	12	−24	+001 SB2	153	3	5,1	8,8 AB
γ	0,59	0,45	12	0	−4	+003 SBO	:50	3	8,6	57,0 AB
δ	0,02	−0,11	6	23	−41	+004 SB	259	2	7,3	99,1
ρ	1,80	1,62	10	128	−106	+028				
η	1,23	0,89	2	16	−13	−001 SB	:54	6	4,7	28,3 AB
ν	0,40	0,27	5	−14	1	−013	44	2	8,1	31,4
$\varkappa$	0,74	0,50	29	173	−142	+029 SB	<17	2	8,4	27,7
o	0,12	0,00	2	8	−10	+019 SB2O	85	2	2,8	1,0
τ	0,63	0,44	13	−1	−4	+002 SBO	<25	4	8,6	51,7 A–BC
υ	0,12	−0,02	5	20	−33	+001 V?	217			
ξ	0,16	−0,01	1	1	2	+070 SB	216			
ι	0,53	0,29	94	1262	−91	+050 V?	:10	2	8,2	146,2
φ	0,16	0,02	4	24	−13	+001 SBO	450			
θ	0,46	0,30	89	334	−89	+025 V?	6	3	5,6	19,6 AB
μ	0,78	0,55	4	5	−17	+008 SB1O	14	5	6,0	83,8 AC
ψ	0,10	−0,01	4	21	−27	−001 V	369			
16	0,30	0,23	25	195	−108	+014	149	3	4,7	249,3 AC
e	0,95	0,70	5	−5	−19	+005 SBO	:50	2		0,1
λ	0,08	0,02	9	−13	−36	+006 V?	196			
σ	1,09	0,74	9	1	18	+016	<17			
(Fornax, For)										
α	0,46	0,31	70	371	612	−021	0	2	2,7	3,6
β	0,76	0,54	19	86	158	+017		2	9,5	4,7
(Apus, Aps)										
α	—	0,53	7	−5	−15	−001				
γ	—	—	20	−125	−77	+005 SB				
β	—	0,37	20	−282	−355	−030		2	7,8	51,1

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Рак								
β	8 16 30.9	+9 11 08	+032,5	−112	3,54v?	K4 III Ba	1,48	1,77
δ	8 44 41.0	−18 09 15	+034,0	−132	3,94	K0 III–IIIb	1,08	0,99
ι	8 46 41.8	+28 45 36	+036,2	−133	4,02v?	G7,5 IIIa Ba	1,03	0,78
α	8 58 29,2	+11 51 28	+032,7	−140	4,26v?	A5m	0,13	0,15
Резец								
α	4 40 33,6	−41 51 50	−019,5	+068	4.45v?	F2 V	0,34	0,00
Рыбы								
η	1 31 28,9	+15 20 45	+032,2	+184	3,62v?	G7 IIIa	0,97	0,74
γ	23 17 09,9	−3 16 56	+030,6	+197	3,70	K0 III:CN Fe	0,92	0,58
$\alpha^{1,2}$	2 02 02,7	+2 45 49	+031,1	+172	3,85v	A0pSiSr + A3m	0,03	−0,09
ω	23 59 18,6	+6 51 48	+030,7	+200	4,01v?	F4 IV	0,42	0,07
ι	23 39 57,0	+5 37 35	+030,6	+199	4.13v?	F7 V	0,51	0,00
o	1 45 23,6	+9 09 28	+031,7	+179	4.26v?	G8 III	0,96	0,68
ε	1 02 56,5	+7 53 24	−031,2	+193	4.28	K0 III	0,96	0.71
θ	23 27 58.0	+6 22 44	−030,5	−198	4,30v?	K1 III	1,08	1,03
30	0 01 57.5	−6 00 51	+030,7	+200	4,41v	M3 III	1,63	1,84
δ	0 48 40.9	−7 35 06	+031,1	+196	4,44	K5 III	1,51	1,88
ν	1 41 25,8	−5 29 15	+031,3	+181	4,44	K3 IIIb Ba	1,37	1,55
λ	23 42 02,7	−1 46 48	+030,7	+199	4,51	A7 V	0,21	0,07
τ	1 11 39,6	+30 05 23	+033,1	+190	4,51	K0 IIIb	1,10	1.00
β	23 03 52,5	+3 49 12	+030,5	+194	4,52v?	B6 Ve	−0,12	−0,50
Рысь								
α	9 21 03,2	+34 23 33	+036,6	−154	3,14v?	K7 IIIab	1,55	1,94
38	9 18 50.6	+36 48 09	+037,2	−153	3.82	A3 V	0,06	0,05
10 UMa	9 00 38.3	+41 46 58	+039,1	−142	3,97	F5 V	0,43	0,06
31	8 22 50,1	+43 11 17	+040,9	−117	4,25v	K4,5III–IIIb	1,55	1,91
15	6 57 16,5	+58 25 21	+051,8	−049	4,35	G5 III–IV	0,85	0,51
2	6 19 37,3	+59 00 39	+052,9	−017	4.48v	A2 Vs	0.01	0.03
Северная Корона								
α	15 34 41,2	+26 42 53	+025,3	−118	2.24v	A0 V	−0,02	−0.03
β	15 27 49,7	+29 06 20	+024,9	−123	3.68v	F0p	0.29	0,11
γ	15 42 44,5	+26 17 44	+025,3	−113	3.85v	B9 IV + A3 V	−0,01	−0,04
θ	15 32 55,7	+31 21 32	+024,2	−120	4.13v	B6 Vnne	−0,13	−0,55
ε	15 57 35,2	+26 52 40	+024,9	−102	4.16	K2 IIIab	1,23	1.28
T CrB	15 59 30,1	+25 55 13	+025,1	−100	10,8v!	dBe + gM3 + Q	0,10	—
Секстант								
α	10 07 56,2	−0 22 18	+030.7	−177	4,50	A0 III	−0,04	−0,06
Сетка								
α	4 14 25,5	−62 28 26	−007,8	+089	3,35	G8 II–III	0.91	0,63
β	3 44 12.0	−64 48 26	−007,2	+112	3,85	K1–2 III	1,13	1,10
ε	4 16 28,9	−59 18 07	+010,5	+087	4.44	K2 IVa	1,08	1,07
γ	4 00 53,8	−62 09 34	+008,8	−099	4,51v	M4 III	1,65	1,81

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0.001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Cancer, Cnc)										
β	1,12	0,80	11	−46	−48	+022	<17	2	9.4	29,2
δ	0,78	0,54	23	−17	−228	+017	<17	2	7,5	38,4
ι	0,75	0,49	10	−20	−43	+016	<19:	2	2,5	30,4
α	0,13	0,04	18	41	−29	−014 SB	68	3	0,0	0,1
(Caelum, Cae)										
α	0,34	0,21	49	−141	−74	−001 V	52	2	8,0	6,6
(Pisces, Psc)										
η	0,72	0,50	11	25	−3	+015	<19:	2	6,3	0,8
γ	0,72	0,51	24	760	17	−014 V?	7			
$\alpha^{1,2}$	0,07	0,01	23	33	0	+009 SB	42	2	1,0	2,0
ω	0,38	0,24	30	148	−112	+002 SBO	38			
ι	0,44	0,31	72	376	−437	+005	6	2	8,7	69,9
o	0,73	0,49	12	70	38	+014	<17			
ε	0,78	0,52	17	−80	25	+007	<17	2	0,0	0,2
θ	0,80	0,53	20	−123	−43	+006	<17			
30	1,56	1,41	7	46	−41	−012				
δ	1,17	0,87	10	83	−50	+032 V?	<19	2	8,6	113,3
ν	1,06	0,71	8	−22	3	+000	<19:			
λ	0,18	0,10	32	−129	−154	+012 SB	63			
τ	0,82	0,58	20	74	−37	+030 SB	<17	7		
β	−0,02	−0,13	6	12	−10	+000	128			
(Lynx, Lyn)										
α	1,23	0,90	14	−222	14	+038				
38	0,12	0,03	26	−32	−123	+004 SB	165	4	2,1	2,7 AB
10 UMa	0,40	0,22	60	−487	−219	+026 SBO	26	5	2,0	0,3 AB
31	1,20	0,88	8	−25	−99	+024	<19:			
15	0,65	0,44	19	6	−123	+009 V	<25	4	1,2	0.9 AB
2	0,06	−0,01	21	−3	24	−004 V?	20			
(Corona Borealis, CrB)										
α	0,03	−0,04	43	120	−89	+002 SBO	133			
β	0,18	0,05	28	−181	86	−019 SBO	19	2	1,5	0,3
γ	−0,03	−0,02	22	−112	50	−011 SB2	112	2	1,5	0,2
θ	−0,05	−0,11	10	−19	−8	−025 V	393	2	1,4	0,5
ε	0,89	0,63	14	−76	−60	−031	<17	3	7,3	101,4 AC
T CrB	—	1,56	−1	−5	10	−029 SBO		2		0,2
(Sextans, Sex)										
α	0,06	−0,05	11	−26	−3	+007 V?	9			
(Reticulum, Ret)										
α	0,65	0,44	19	41	49	+036 SB?		2	8,6	48,5
β	0,80	0,56	32	308	78	+051 SBO		2	4,2	1480,0
ε	0,82	0,54	54	−47	−167	+029		2	8,1	13,8
γ	1,66	1,45	6	1	34	−007 SB				

Продолжение таблицы 46

*	α			δ			Δα	Δδ	V	Спектр	B − V	U − B
	h	m	s	°	′	″	s	″				
Скорпион												
α	16	29	24,4	−26	25	55	+036,9	−077	0,91v	M1,5Iab + B4Ve	1,84	1,33
λ	17	33	36,4	−37	06	13	+040,8	−023	1,63v	B2 IV + B	−0,22	−0,89
θ	17	37	19,0	−42	59	52	+043,1	−020	1,87v?	F1 II	0,40	0,22
ε	16	50	09,7	−34	17	36	+039,4	−060	2,29v?	K2,5 III	1,15	1,27
δ	16	00	19,9	−22	37	18	+035,6	−100	2,32v	B0.3 IV	−0,12	−0,90
κ	17	42	29,1	−39	01	48	−041,5	−015	2,41v	B1,5 III	−0,21	−0,88
β^1	16	05	26,1	−19	48	19	+035,0	−096	2,58v?	B1 V	−0,08	−0,85
υ	17	30	45,7	−37	17	45	−040,8	−025	2,68	B2 IV	−0,23	−0,81
τ	16	35	52,9	−28	12	58	+037,4	−072	2,81	B0 V	−0,25	−1,01
σ	16	21	11,2	−25	35	34	+036,5	−084	2,88v	B2III − O9,5V	0,13	−0,69
π	15	58	51,0	−26	06	51	+036,4	−101	2,91v	B1 V + B2 V	−0,20	−0,89
ι^1	17	47	35,0	−40	07	37	+042,0	−011	3,03	F2 Iae	0,51	0,27
μ^1	16	51	52,1	−38	02	51	+040,7	−059	3,04v	B1,5V + B6,5V	−0,22	−0,83
G	17	49	51,4	−37	02	36	+040,8	−009	3,21	K2 III	1,17	1,19
η	17	12	09,1	−43	14	21	+043,0	−041	3,34v?	F3 III–IVp	0,40	0,09
μ^2	16	52	20,0	−38	01	03	+040,7	−058	3,57	B2 IV	−0,21	−0,84
ζ^2	16	54	34,9	−42	21	41	+042,4	−056	3,59v?	K4 III	1,36	1,61
ρ	15	56	53,0	−29	12	50	+037,2	−102	3,86v?	B2 IV–V	−0,20	−0,82
ω^1	16	06	48,3	−20	40	09	+035,2	−095	3,97	B1 V	−0,05	−0,82
ν	16	11	59,6	−19	27	38	+034,9	−091	4,01	B3 V	0,03	−0,64
H	16	36	22,4	−35	15	20	+039,6	−071	4,16v?	K6 III	1,57	1,94
$\xi^{1,2}$	16	04	22,0	−11	22	23	+031,1	−097	4,16	F5 IV B	0,47	0,01
N	16	31	22,8	−34	42	16	+039,3	−075	4,23	B2 III–IV	−0,17	−0,76
Q	17	36	32,7	−38	38	07	+041,3	−020	4,29v?	K0 IIIb	1,09	0,90
ω^2	16	07	24,2	−20	52	07	+035,2	−094	4,33v?	G3 II–III	0,84	0,51
Скульптор												
α	0	58	36,3	−29	21	28	+028,9	+193	4,27v	B7 IIIp	−0,18	−0,57
β	23	32	58,2	−37	49	07	+032,0	+199	4,37v?	B9,5IVpHgMnEu	−0,09	−0,36
γ	23	18	49,4	−32	31	55	+032,3	+197	4,41	K1 III	1,13	1,06
Стрела												
γ	19	58	45,3	+19	29	32	+026,6	+099	3,47v?	M0 III	1,57	1,93
δ	19	47	23,2	+18	32	03	+026,8	+090	3,81v	M2 II + A0 V	1,42	0,97
β	19	41	02,9	+17	28	33	+027,0	+085	4,38	G8 IIIa CN	1,05	0,90
α	19	40	05,7	+18	00	50	+026,8	+085	4,38	G1 III	0,78	0,43
Стрелец												
ε	18	24	10,3	−34	23	05	+039,8	−021	1,85	B9.5 III	−0,03	−0,13
σ	18	55	15,8	−26	17	48	+037,1	−048	2,03	B2,5 V	−0,22	−0,75
ζ	19	02	36,6	−29	52	49	+038,1	−054	2,59	A2III + A4IV	0,08	0,05
δ	18	20	59,6	−29	49	41	+038,4	−018	2,70v?	K3 IIIa	1,38	1,55
λ	18	27	58,1	−25	25	18	+037,0	−024	2,81	K1 IIIb	1,04	0,90
π	19	09	45,7	−21	01	25	+035,6	+060	2,88v?	F2 II	0,34	0,24
γ^2	18	05	48,4	−30	25	27	+038,6	+005	2,99v?	K0 III	1,01	0,77
η	18	17	37,5	−36	45	42	+040,7	+015	3,11v	M3,5 III	1,56	1,70

Продолжение таблицы 46

*	$V-K$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Scorpius, Sco)										
α	1,55	1,23	5	−10	−23	−003 SB	:20	2	4,2	2,9
λ	−0,17	−0,28	4	−8	−29	−003 SB2	163	3	10,3	94,9 AC
θ	0,35	0,20	11	6	0	+001	105			
ε	0,86	0,60	49	−611	−255	−003				
δ	−0,04	−0,13	8	−8	−36	−007 SB	181	4	0,2	0,2
$\varkappa$	−0,08	−0,22	7	−6	−25	−014 SB	131			
β^1	−0,02	−0,09	6	−6	−24	−001 SBO	130	5	1,3	0,0
υ	−0,14	−0,23	6	−4	−29	+008 SB	73			
τ	−0,12	−0,25	7	−8	−22	+002 V	24			
σ	0,20	0,11	4	−10	−18	+003 SBO	53	4	2,0	0,0
π	−0,09	−0,20	7	−12	−25	−003 SB2O	100:	3	1,2	0,0
ι^1	—	—	1	0	−6	−028 SB	36	2	9,9	37,5
μ^1	−0,13	−0,19	3	−8	−21	−025 SB2O	239	2	0,4	390,0
G	—	—	25	42	27	+025		3	11,5	41,7 AC
η	0,36	0,20	45	22	−287	−027	150			
μ^2	−0,13	−0,22	6	−12	−23	+001 V?	57	2	0,4	390,0
ζ^2	1,12	0,68	21	−126	−227	−019				
ρ	−0,11	−0,20	7	−15	−25	−000 V?	156	2	8,8	38,3
ω^1	0,06	−0,08	7	−10	−23	−003 V?	142			
ν	0,11	0,03	7	−9	−25	+002 SBO	199	5	2,5	41,1 AC
H	1,20	1,00	9	14	12	−002 V?				
$\xi^{1,2}$	0,37	0,24	48	−63	−33	−029 SBO	27	5	0,2	1,2 AB
N	−0,06	−0,12	4	−11	−18	+001 SB	90			
Q	0,75	0,55	22	−18	−182	−049 V				
ω^2	0,65	0,43	12	43	−45	−005				
(Sculptor, Scl)										
α	−0,03	−0,13	4	22	6	−010 SB	7			
β	0,00	−0,07	18	96	37	−002	37			
γ	0,84	0,63	18	19	−78	+016				
(Sagitta, Sge)										
γ	1,20	0,92	11	64	22	−033	<17			
δ	1,44	1,29	7	−4	11	+003 SBO	:50			
β	0,72	0,50	6	9	−33	−022	<19:			
α	0,59	0,39	6	15	−19	+002	0	4	6,8	90,0 AD
(Sagittarius, Sgr)										
ε	0,00	−0,01	22	−39	−124	−015	140:	2	12,3	36,1
σ	−0,11	−0,21	14	13	−52	−011 V	201	2	7,4	309,0
ζ	0,05	0,01	36	−14	3	+022 SB	72	3	0,3	0,5 AB
δ	1,00	0,68	10	29	−26	−020		4	10,2	58,1 AD
λ	0,75	0,56	42	−44	−186	−043				
π	0,34	0,24	7	−1	−36	−010	28	3	0,0	0,1 AB
γ^2	0,73	0,51	33	−55	−181	+022 SB				
η	1,56	1,32	21	−129	−166	−001 V?		4	4,9	3,5 AB

Продолжение таблицы 46

*	α			δ			Δα	Δδ	V	Спектр	B − V	U − B
	h	m	s	°	′	″	s	″				
Стрелец												
φ	18	45	39,3	−26	59	27	+037,4	+040	3,16	B8 III	−0,11	−0,36
τ	19	06	56,3	−27	40	14	+037,4	+058	3,31	K1 III	1,20	1,14
ξ^2	18	57	43,7	−21	06	24	−035,7	+050	3,51	K1 III	1,18	1,13
o	19	04	40,9	−21	44	30	−035,9	+056	3.77v?	G8 III	1,00	0.86
μ	18	13	45,7	−21	03	32	+035,9	+012	3.85v	B8 Iape	0,22	−0,47
ρ^1	19	21	40,3	−17	50	50	+034,8	+070	3.93v	F0 IV–V	0,22	0,14
α	19	23	53,0	−40	36	58	+041,4	+072	3,97	B8 V	−0,10	−0,33
β^1	19	22	38,2	−44	27	32	+043,0	+071	4.01	B9 V	−0,10	−0,39
ι	19	55	15,5	−41	52	06	+041,2	+096	4,13	K0 II–III	1,08	0,90
β^2	19	23	13,1	−44	47	59	+043,1	+071	4,29	F2 III	0,34	0,07
θ^1	19	59	44,1	−35	16	35	+038,9	+100	4,37v?	B3 IV	−0,15	−0,67
b^1	19	56	56,7	−27	10	12	+036,7	+098	4,50v?	K3 II CN	1,46	1,56
Телескоп												
α	18	26	58,3	−45	58	06	+044,4	+023	3,51	B3 IV	−0,17	−0,65
ζ	18	28	49,8	−49	04	15	+046,0	+025	4,13	G8–K0 III	1,02	0,82
Телец												
α	4	35	55,2	+16	30	33	+034,4	+072	0,86v	K5 III	1.54	1.92
β	5	26	17,5	+28	36	27	+037,9	+029	1,65	B7 III	−0,13	−0,49
η	3	47	29,0	+24	06	18	+035,7	+109	2,87v?	B7 IIIe	−0.09	−0,35
ζ	5	37	38,6	+21	08	33	+035,9	+019	3.03v	B4 IIIpe	−0,19	−0,62
θ^2	4	28	39,7	+15	52	15	+034,2	+078	3,39v	A7 III	0.18	0,12
λ	4	00	40,8	+12	29	25	+033,3	+099	3.41v	B3 V + A4 IV	−0,12	−0,63
ε	4	28	36,9	+19	10	49	+035,0	+078	3.54	G9.5 III CN	1,01	0,87
o	3	24	48,7	+9	01	44	+032,4	+125	3,60v?	G6 III Fe	0.89	0,62
27	3	49	09,7	+24	03	12	+035,8	+108	3.62v?	B8 III	−0.09	−0,36
γ	4	19	47,5	+15	37	39	+034,1	+085	3.65v?	K0 IIIab CN	0.99	0,81
17	3	44	52,5	+24	06	48	+035,7	+111	3,70v?	B6 IIIe	−0,12	−0,40
ξ	3	27	10,1	+9	43	58	+032,5	+124	3,75v	B9 Vn	−0.09	−0,33
δ^1	4	22	56,0	+17	32	33	+034,6	+082	3,76v?	K0 III CN	0.99	0,82
θ^1	4	28	34.4	+15	57	44	+034,3	+078	3,84v?	K0 IIIb Fe	0.95	0,72
20	3	45	49,5	+24	22	04	+035,8	+111	3.87v?	B8 III	−0.07	−0,40
ν	4	03	09,3	+5	59	22	+032,0	+098	3.91	A1 V	0.03	0,06
f	3	30	52,3	+12	56	12	+033,2	+121	4,10	K0 II–III Fe	1,13	1,02
23	3	46	19,5	+23	56	54	+035,7	+110	4,18v	B6 IVe	−0,06	−0,42
$\varkappa^1$	4	25	22,1	+22	17	38	+035,8	+080	4,22v?	A7 IV–V	0,13	0,13
d	4	35	39,2	+10	09	39	+033,0	−072	4,25v?	A5m	0,18	0,08
c^1	4	38	09,4	+12	30	39	+033,5	−070	4,27	A6 V	0,12	0,13
δ^3	4	25	29,3	+17	55	41	+034,7	−080	4,28v	A2 IV	0.04	0,08
υ	4	26	18,4	+22	48	49	−035,9	−080	4,28v	A8 Vn	0,26	0,15
μ	4	15	32,0	+8	53	32	−032,6	+088	4,28	B3 IV	−0.06	−0,54
10	3	36	52,3	+0	24	06	−030,8	+117	4,28	F9 V	0.57	0,08
τ	4	42	14,6	+22	57	25	−036,1	+067	4,29	B3 V	−0,14	−0,57
q	3	45	12,4	+24	28	02	−035,8	+111	4,30v?	B6 IV	−0,11	−0,46
CE	5	32	12,7	+18	35	39	+035,2	+024	4,33v	M2 Iab–Ib	2,08	2,22
A^1	4	04	41,7	+22	04	55	+035,5	+096	4,37	K0 III	1,07	0,97
71	4	26	20,7	+15	37	06	+034,2	+079	4,50v	F0 V	0.25	0,14

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Sagittarius, Sgr)										
φ	−0,01	−0,11	14	51	0	+022 SB	68	2	0,0	0,1
τ	0,87	0,59	27	−50	−250	+045 SB				
ξ^2	0,80	0,59	8	34	−12	−020				
o	0,72	0,53	23	76	−58	+025		2	9,9	35,7
μ	0,27	0,20	0	1	−1	−006 SBO	:54	6	2,9	0,0
ρ^1	0,19	0,10	26	−26	22	+001	68	2	2,5	0,0
α	—	—	19	32	−120	−001 SB	89			
β^1	—	—	8	7	−22	−011	84	2	3,3	28,3
ι	—	0,52	17	23	51	+036				
β^2	—	—	23	92	−53	+019	126			
θ^1	—	—	5	6	−25	+001 SBO	69			
b^1	1,02	0,73	2	9	−14	−016 SB				
(Telescopium, Tel)										
α	−0,13	−0,21	13	−16	−53	−000 V?	35			
ζ	—	0,34	25	137	−229	−031				
(Taurus, Tau)										
α	1,23	0,94	50	62	−189	+054 SB	<17	6	9,8	121,7 AC
β	−0,01	−0,10	24	23	−174	+009 V	71	2	33,4	
η	0,03	−0,04	8	19	−43	+010 V?	215	5	1,6	0,0
ζ	−0,03	−0,09	7	2	−18	+020 SBO	310	2	2,0	0,0
θ^2	0,18	0,09	21	108	−26	+040 SB1O	78	4	0,4	337,4 AB
λ	−0,03	−0,09	8	−8	−11	+018 SB2O	87			
ε	0,73	0,50	21	107	−36	+039	:8	2	7,0	181,6
o	0,68	0,45	15	−74	−80	−021 SB1O	<17			
27	0,01	−0,05	8	17	−44	+009 SB1O	212	3	1,5	0,0
γ	0,72	0,47	21	115	−23	+039 SB1	:8			
17	−0,01	−0,10	8	21	−44	+012 SB1O	215	2	2,0	0,0
ξ	−0,01	−0,09	14	53	−38	−002 SB2	33			
δ^1	0,73	0,47	21	107	−28	+039 SBO	:8	3	8,7	109,6 AB
θ^1	0,71	0,47	20	104	−15	+040 SB1	:8	4	0,4	337,4 BA
20	0,04	−0,06	9	21	−45	+008 SB	39	2	0,0	0,0
ν	0,08	0,00	25	5	−1	−006	69			
f	0,77	0,54	9	18	−1	+015 SB1O	<19:	2	2,0	0,0
23	0,07	−0,04	9	21	−42	+006 V	282			
$\varkappa^1$	0,16	0,05	21	105	−44	+040 SB?	81	6	0,0	0,1
d	0,16	0,09	21	44	−52	+029 SB2O	35	2	3,6	69,7
c^1	0,14	0,05	21	101	−14	+045 SB1	79	3	5,7	119,8 AC
δ^3	0,09	0,01	22	108	−32	+035 SB	18	3	3,7	1,5 AB
υ	0,27	0,14	21	108	−45	+035 SB1	196	3	1,9	0,0
μ	0,02	−0,06	7	20	−21	+017 SB?	89			
10	0,49	0,32	72	−232	−482	+028	0	2	10,0	396,0
τ	−0,03	−0,14	8	−2	−20	+015 SB2O	187	5	0,7	0,1
q	−0,01	−0,09	8	19	−41	+006 SB1	133	3	1,5	0,0
CE	1,78	1,42	1	0	−4	−023				
A^1	0,79	0,53	18	91	−58	+009	<17	2	5,0	137,2
71	0,27	0,15	20	114	−33	+038 SBO	192	3	2,0	0,1

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Треугольник								
β	2 09 32,5	+34 59 14	+035,7	+169	3,00*v*?	A5 III	0,14	0,12
α	1 53 04,8	+29 34 44	+034,3	+176	3,42*v*	F6 IV	0,48	0,06
γ	2 17 18,8	+33 50 50	+035,8	+165	4,01	A1 Vnn	0,02	0,02
Тукан								
α	22 18 30,1	−60 15 35	+040,7	+181	2,86	K3 III	1,39	1,54
γ	23 17 25,7	−58 14 08	+034,7	+197	3,99	F1 III	0,40	−0,02
ζ	0 20 04,2	−64 52 30	+028,3	+199	4,23	F9 V	0,57	0,02
β^1	0 31 32,7	−62 57 30	+027,2	+198	4,37	B9 V	−0,07	−0,17
δ	22 27 20,0	−64 58 00	+042,0	+184	4,48*v*?	B9,5 V	−0,03	−0,07
ε	23 59 55,0	−65 34 38	−030,8	+200	4,50	B9 IV	−0,08	−0,28
Феникс								
α	0 26 17,0	−42 18 22	+029,4	+199	2,38	K0 III	1,09	0,88
β	1 06 05,0	−46 43 08	+026,7	+192	3,30*v*?	G8 IIIv	0,89	0,56
γ	1 28 21,9	−43 19 06	+026,0	+185	3,41*v*	M0 IIIa	1,57	1,84
ε	0 09 24,6	−45 44 51	+030,2	+200	3,87	K0 III	1,02	0,84
ζ	1 08 23,0	−55 14 45	+025,1	+191	3,92*v*	B6 V + B9 V	−0,08	−0,41
$\varkappa$	0 26 12,1	−43 40 48	+029,3	+199	3,93	A7 V	0,17	0,10
δ	1 31 15,0	−49 04 22	+024,8	+184	3,95	K0 III–IV	0,99	0,70
η	0 43 21,2	−57 27 47	+026,8	+196	4,36	A0 IV	0,00	−0,02
ψ	1 53 38,7	−46 18 10	+024,1	+176	4,41*v*	M4 III	1,59	1,71
Хамелеон								
α	8 18 31,7	−76 55 11	−016,5	−114	4,07	F5 III	0,39	−0,02
γ	10 35 28,1	−78 36 27	+006,9	−187	4,11*v*?	M0 III	1,58	1,95
β	12 18 20,7	−79 18 43	+036,4	−199	4,26*v*?	B5 Vn	−0,12	−0,51
θ	8 20 38,7	−77 29 04	−018,4	−115	4,35	K1 III	1,16	1,20
δ^2	10 45 46,6	−80 32 24	+005,3	−190	4,46	B2,5 IV	−0,19	−0,70
Цефей								
α	21 18 34,7	+62 35 08	+014,1	+152	2,45*v*?	A7 V	0,22	0,12
γ	23 39 20,8	+77 37 57	+025,3	−199	3,21*v*?	K1 III–IV	1,03	0,95
β	21 28 39,5	+70 33 39	+007,6	+158	3,23*v*	B1 IV	−0,22	−0,96
ζ	22 10 51,2	+58 12 05	+020,9	+178	3,35*v*	K1,5 Ib	1,55	1,72
η	20 45 17,3	+61 50 20	+012,0	+132	3,43	K0 IV	0,92	0,61
ι	22 49 40,7	+66 12 02	−021,6	+191	3,54	K0 III	1,06	0,90
δ	22 29 10,2	+58 24 55	−022,4	+184	3,75*v*	F5Ib–G2Ib	0,60	—
μ	21 43 30,3	+58 46 48	+018,4	−166	4,08*v*	M2 Iae	2,26	2,45
ε	22 15 01,9	+57 02 37	+021,7	+179	4,19*v*	F0 IV	0,28	0,04
θ	20 29 34,8	+62 59 39	+010,0	+121	4,22	A7 III	0,20	0,16
285	1 08 44,9	+86 15 26	+091,0	+191	4,26	K2 II–III	1,21	1,33
ξ	22 03 47,3	+64 37 41	+017,1	+175	4,29	A3m	0,34	0,09
ν	21 45 26,8	+61 07 15	−017,4	+167	4,29*v*	A2 Ia	0,52	0,13
$\varkappa$	20 08 53,2	+77 42 41	−021,0	+107	4,39	B9 III	−0,05	−0,09
π	23 07 53,8	+75 23 16	+019,2	+195	4,42	G2 III	0,82	0,45
7955	20 45 21,0	+57 34 47	+015,0	+132	4,52	F8 IV–V	0,54	0,10
Циркуль								
α	14 42 30,3	−64 58 31	−049,3	−152	3,19*v*	Ap SrEuCr:	0,24	0,12
β	15 17 30,8	−58 48 04	+047,5	−130	4,07	A3 V	0,09	0,09
γ	15 23 22,6	−59 19 15	+048,2	−126	4,51*v*	B5 IV + F8	0,19	−0,35

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0.001″/год		км/с	км/с			
(Triangulum, Tri)										
β	0.14	0.08	26	148	−39	+010 SB2O	76			
α	0.42	0,28	50	12	−233	−013 SB1O	93	3	8,6	222,3 AC
γ	0.03	0,00	27	44	−52	−014 V	208			
(Tucana, Tuc)										
α	1,06	0,73	16	−71	−38	+042 SBO		2	0,1	
γ	0,41	0.23	45	−34	79	+018	94			
ζ	0,50	0.33	116	1707	1165	+009		0		
β^1	0,00	−0,07	23	82	−54	+014 SB	173	4	0,2	27,0 AC
δ	—	—	12	68	10	+012	245	2	4,5	6,9
ε	0,02	−0,05	8	48	−22	−011	291			
(Phoenix, Phe)										
α	0,82	0,59	42	232	−353	+075 SB1O		2	0,1	
β	0,71	0,51	16	−70	31	−001		3	0,2	1,0 AB
γ	1,26	0.98	13	−18	−207	+026 SB1O				
ε	0,76	0,52	23	122	−180	−009				
ζ	−0,01	−0,12	11	21	29	+015 SB2O	127	3	4,0	6,6 AB–C
$\varkappa$	0,15	0,08	42	106	32	+011	219			
δ	0,75	0,51	22	138	154	−007				
η	0,06	0,00	13	−5	15	+002 V	96	2	7,0	19,8
ψ	1,73	1,51	10	−92	−91	−002 SB				
(Chamaeleon, Cha)										
α	0,39	0,23	51	109	106	−014	36			
γ	1,26	0,97	7	−38	11	−022				
β	−0,03	−0,10	12	−38	12	+023	255			
θ	0,84	0,57	21	−129	40	+022		2	7,7	31,0
δ^2	−0,08	−0,20	8	−37	6	+023	55			
(Cepheus, Cep)										
α	0.23	0,11	66	149	48	−010 V	246	4	9,1	206,8 AB
γ	0,75	0.51	72	−48	127	−042	<17			
β	−0,10	−0.22	5	12	8	−008 SBO	28	3	4,6	13,4 AB
ζ	1.08	0,78	4	13	4	−018 SB	<17			
η	0,67	0,49	69	86	817	−087	<17	2	8,2	51,7
ι	0,85	0,50	28	−66	−124	−012	<19:			
δ	—	0,40	3	16	3	−015 SB	9	3	2,4	40,8 AC
μ	2,10	1,76	0	5	−2	+019 V		3	8,3	19,5 AB
ε	0.27	0,15	38	476	50	−001 SB	86	2	5,3	127,8
θ	0.17	0,09	24	45	−13	−007 SB2O	59			
285	0.89	0,60	10	80	−11	+009				
ξ	—	0.13	32	214	89	−006 SB2O	20	3	2,0	7,7 AB
ν	0,50	0,44	0	−3	−1	−021 V	33			
$\varkappa$	−0,02	−0,06	9	11	23	−023 V	18	3	3,8	7,3 AB
π	0,65	0,43	14	5	−35	−019 SB1O	22	3	2,2	1,0 AB
7955	0,47	0,28	36	−62	−235	−031 SB2	0	2	5,7	66.4
(Circinus, Cir)										
α	0.23	0,10	60	−192	−234	+007 SB?	0	2	5,4	15,6
β	—	—	33	−98	−135	+010	59			
γ	—	—	6	−10	−36	−017	278	2	0,3	0.9

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Часы								
α	4 14 00,1	−42 17 40	+019,9	+089	3,86	K1 III	1,10	1,01
868	2 53 52,8	−49 53 25	−019,9	+145	3,92v	M7 IIIe	—	—
Чаша								
δ	11 19 20,4	−14 46 43	+030,1	−197	3,56	G8 III–IV	1,11	0,99
α	10 59 46,4	−18 17 56	+029,6	−193	4,07	K0 III	1,09	0,98
γ	11 24 52,8	−17 41 03	+030,1	−198	4,08	A5 V	0,21	0,10
β	11 11 39,4	−22 49 33	−029,6	−196	4,48	A2 III	0,03	0,05
Щит								
α	18 35 12,3	−8 14 39	+032,7	−031	3,83v?	K3 III–IIIb	1,34	1,53
β	18 47 10,4	−4 44 53	+031,8	+041	4,22	G5 II CN Fe	1,09	0,84
Эридан								
α	1 37 42,9	−57 14 12	+022,2	+182	0,46v?	B3 Vpe	−0,16	−0,66
β	5 07 50,9	−5 05 11	+029,6	+045	2,79v?	A3 III	0,13	0,10
γ	3 58 01,7	−13 30 31	+028,0	+101	2,94v	M0,5 IIICaCr	1,60	1,98
$\theta^{1,2}$	2 58 15,6	−40 18 17	+022,8	−142	3,00v?	A4III + AIV	0,12	0,12
δ	3 43 14,8	−9 45 48	+028,9	−112	3,54v	K0 IV	0,92	0,67
υ^4	4 17 53,6	−33 47 54	+022,7	+086	3,56v?	B9 V	−0,12	−0,37
φ	2 16 30,6	−51 30 44	+021,3	+166	3,56	B8 V–IV	−0,12	−0,39
χ	1 55 57,4	−51 36 32	−022,6	+175	3,70v?	G8 IIIb CN	0,85	0,46
τ^4	3 19 30,9	−21 45 28	+026,7	+129	3,70v	M3,5 IIIa Ca	1,62	1,81
ε	3 32 55,8	−9 27 30	+029,0	−120	3,73v	K2 V	0,88	0,58
υ^2	4 35 33,0	−30 33 45	+023,4	+072	3,82	G8 III	0,98	0,72
η	2 56 25,6	−8 53 53	+029,3	+144	3,87v?	K1 IIIb Ba	1,12	0,98
1	4 38 10,7	−14 18 15	+027,6	+070	3,87	K2 IIIb	1,09	1,03
ν	4 36 19,1	−3 21 09	+030,0	+071	3,92v	B2 III	−0,21	−0,88
υ^3	4 24 02,1	−34 01 01	+022,5	+081	3,96	K4 III	1,49	1,80
μ	4 45 30,1	−3 15 17	+030,0	−064	4,02	B5 IV	−0,16	−0,60
o^1	4 11 51,9	−6 50 16	+029,3	+091	4,05v	F2 II–III	0,33	0,15
τ^3	3 02 23,5	−23 37 28	+026,6	+140	4,09	A4 IV	0,16	0,08
ι	2 40 40,0	−39 51 19	+023,6	+153	4,11	K0 III	1,02	0,74
g	3 49 27,2	−36 12 01	−022,5	+108	4,17v?	G9 II–III	0,95	0,68
τ^6	3 46 50,8	−23 14 59	+026,0	+110	4,23	F3 III	0,42	0,01
$\varkappa$	2 26 59,1	−47 42 14	+022,0	−160	4,25v?	B5 IV	−0,14	−0,50
e	3 19 55,6	−43 04 11	+021,2	+129	4,27	G8 III	0,71	0,22
λ	5 09 08,7	−8 45 15	+028,7	+044	4,27v	B2 IVne	−0,20	−0,90
τ^5	3 33 47,2	−21 37 59	+026,5	+119	4,28	B8 V + B8 V	−0,12	−0,35
54	4 40 26,4	−19 40 18	+026,3	+068	4,30v	M4 III	1,60	1,90
ω	4 52 53,6	−5 27 10	−029,5	−058	4,39	F4III – A6III	0,24	0,17
π	3 46 08,4	−12 06 06	+028,4	+110	4,42v	M2 III	1,62	2,01
o^2	4 15 16,3	−7 39 10	+029,1	+088	4,43v?	K1 V	0,82	0,44
τ^1	2 45 06,1	−18 34 21	+027,8	+150	4,46	F6 V	0,48	0,00
υ^1	4 33 30,6	−29 46 00	+023,7	+074	4,51v?	K0 III CN	0,98	0,71

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Horologium, Hor)										
α	0,86	0,59	27	41	−203	+022				
868	−1,07	3,48	3	131	35	+060 V				
(Crater, Crt)										
δ	0,83	0,60	16	−124	206	−005 SB	<19:			
α	0,80	0,55	18	−462	129	+047	<19:			
γ	0,23	0,11	38	−97	3	+001 V?	131	2	4,8	5,3
β	0,07	0,02	12	4	−99	+006 SB	58			
(Scutum, Sct)										
α	0,97	0,68	18	−18	−314	+036	<17			
β	0,79	0,57	4	−7	−15	−022 SB1O	10			
(Eridanus, Eri)										
α	−0,03	−0,11	22	88	−40	+016 V	251			
β	0,14	0,08	36	−83	−75	−009	179	2	8,0	116,7
γ	1,26	1,00	14	60	−111	+062		2	9,5	52,8
$\theta^{1,2}$	0,14	0,08	20	−53	25	+012 SB2	74	2	1,1	8,3
δ	0,72	0,50	110	−91	742	−006	<17			
υ^4	−0,01	−0,11	18	62	−6	+018 SB2O	31	3	1,0	0,2 AB
φ	−0,07	−0,11	21	90	−21	+010	247	2	5,0	87,6
χ	0,68	0,45	57	681	284	−006		2	6,5	4,8
τ^4	1,58	1,46	12	51	32	+042		6	6,2	5,5 AB
ε	0,73	0,46	310	−976	17	+016	<17	2	3,0	2,0
υ^2	0,75	0,49	15	−48	−12	−004				
η	0,79	0,58	24	77	−219	−020	<17			
1	0,84	0,56	29	−77	−178	+042 SB1	<17	2	3,4	0,8
ν	−0,10	−0,19	5	1	−4	+015 SB	25	2	9,2	50,9
υ^3	1,17	0,83	11	73	57	+024				
μ	−0,06	−0,14	6	17	−13	+009 SB1O	140			
o^1	0,31	0,16	25	11	81	+011 V	96			
τ^3	0,13	0,09	37	−145	−55	−010 V?	144			
ι	0,79	0,56	22	135	−27	−009				
g	0,71	0,50	15	−49	−56	+002				
τ^6	0,39	0,22	55	−159	−528	+007	6			
$\varkappa$	−0,03	−0,13	6	19	−5	+028 SB?	24			
e	0,62	0,40	165	3038	726	−087				
λ	−0,08	−0,20	1	0	−2	+003 V	336			
τ^5	0,00	−0,12	11	44	−27	+014 SB2O	48			
54	1,49	1,41	9	28	−97	−033		2	0,3	0,1
ω	0,29	0,17	14	−18	25	−006 SBO	153			
π	1,34	1,05	6	55	60	+046				
o^2	0,69	0,45	198	−2239	−3419	−042 V		5	5,0	83,4 AB
τ^1	0,43	0,27	71	330	36	+026 SB1O	22			
υ^1	0,75	0,54	26	−114	−271	+021				

Продолжение таблицы 46

*	α	δ	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	V	Спектр	$B-V$	$U-B$
	h m s	° ′ ″	s	″				
Южная Гидра								
β	0 25 45,3	−77 15 16	+024,1	−199	2.79*v*?	G2 IV	0,62	0,11
α	1 58 46,2	−61 34 12	+018,5	+174	2.86	F0 V	0.28	0,14
γ	3 47 14,5	−74 14 21	−008,8	+109	3.24*v*?	M2 III	1,62	1,99
δ	2 21 45,1	−68 39 34	+011,0	+163	4,09	A3 V	0,03	0.05
ε	2 39 35,5	−68 16 01	+009,3	+153	4,11	B9 V	−0,06	−0,14
Южная Корона								
α	19 09 28,2	−37 54 16	−040,7	+060	4.11	A2 V	0,04	0,09
β	19 10 01,6	−39 20 27	−041,2	+060	4.11*v*?	K0 II	1,20	1,07
γ^{AB}	19 06 25,1	−37 03 48	+040,4	−057	4.21	F8 V + F8 V	0,52	0,00
Южная Рыба								
α	22 57 39,0	−29 37 20	+032,8	+193	1,16*v*?	A3 V	0,09	0,06
ε	22 40 39,3	−27 02 37	+033,1	+188	4,18*v*?	B8 Ve	−0,11	−0,33
δ	22 55 56,8	−32 32 23	−033,1	+192	4,21	G8 III	0,97	0,70
β	22 31 30,3	−32 20 46	−033,9	+185	4,29	A0 V	0,01	0,02
ι	21 44 56,7	−33 01 33	+035,6	−166	4.34	A0 V	−0,05	−0,11
γ	22 52 31,5	−32 52 32	+033,2	+191	4.46*v*?	A0 III	−0.04	−0,14
μ	22 08 22,9	−32 59 19	+034,8	+177	4.50*v*?	A2 V	0.05	0,06
Южный Крест								
$\alpha^{1,2}$	12 26 36,1	−63 05 57	+033,8	−199	0,8	B0,5IV + B1V	−0,26	−0,96
β	12 47 43,3	−59 41 19	+035,5	−196	1,25*v*	B0,5 III	−0,23	−0,99
γ	12 31 09,9	−57 06 47	−033,5	−198	1,63*v*?	M3.5 III	1,59	1,78
δ	12 15 08.6	−58 44 56	+032,2	−200	2,79*v*	B2 IV	−0,24	−0,92
ε	12 21 21,5	−60 24 04	+032,9	−199	3,59*v*?	K3–4 III	1,42	1,63
μ^1	12 54 35.6	−57 10 40	+035,6	−194	4.04*v*?	B2 IV–V	−0,17	−0,75
ζ	12 18 26,1	−64 00 11	+032,9	−199	4.05	B2,5 V	−0,17	−0,68
η	12 06 52,8	−64 36 49	+031,6	−200	4.15	F2 III	0,34	0,03
θ^1	12 03 01,5	−63 18 46	+031,1	−200	4,34	Am	0,27	0,05
Южный Треугольник								
α	16 48 39.9	−69 01 40	−063,9	−061	1,92	K2 IIb–IIIa	1,44	1,56
β	15 55 08,4	−63 25 50	+053,6	−104	2,85	F2 III	0,29	0,05
γ	15 18 54,6	−68 40 46	+056,8	−129	2,89*v*?	A1 V	0,00	−0,02
δ	16 15 26,2	−63 41 08	+055,0	−088	3.85	G2 Ib–IIa	1,11	0,86
ε	15 36 43,1	−66 19 02	+055,4	−117	4.11	K1–2 III	1.17	1,16
Ящерица								
α	22 31 17,4	+50 16 57	+024,7	+185	3,77	A1 V	0,01	0,00
1	22 15 58,1	+37 44 56	+026,2	+180	4,15*v*?	K3 II–III	1,46	1,63
5	22 29 31,8	+47 42 25	−025,1	+185	4,37*v*	M0 II + B8 V	1,68	1,10
β	22 23 33,5	+52 13 45	−023,7	+183	4,44	G8,5 IIIb Ca	1,02	0,80
11	22 40 30,8	+44 16 35	+026,3	−188	4,46	K3 III	1,33	1,36
8485	22 13 52,6	+39 42 54	+025,8	−179	4,49*v*?	K3 III	1,39	1,44
6	22 30 29,1	+43 07 25	+026,0	+185	4,51	B2 IV	−0,09	−0,74

Продолжение таблицы 46

*	$V-R$	$R-I$	p	μ_α	μ_δ	V_r	$v \sin i$	N	Δm	ρ, ″
			0,001″	0,001″/год		км/с	км/с			
(Hydrus, Hyi)										
β	0,51	0,34	133	2220	324	+023				
α	0,29	0,14	45	262	26	+001 V	153			
γ	1,34	1,09	15	51	115	+016				
δ	0,03	0,01	24	−50	2	+006 V?	163			
ε	−0,04	−0,07	21	87	0	+006	110			
(Corona Australis, CrA)										
α	0,04	0,00	25	85	−96	−018	201			
β	0,82	0,61	6	5	−36	+003				
γ^{AB}	—	—	56	97	−280	−052		0	0,1	1,6 AB
(Piscis Austrinus, PsA)										
α	0,05	0,02	130	329	−164	+007	100			
ε	0,01	−0,08	4	22	0	+003	290			
δ	0,74	0,61	19	10	30	−012		2	5,0	5,2
β	0,02	0,02	21	59	−18	+006	36	2	3,5	30,3
ι	−0,01	−0,03	15	31	−94	+002 SB2	47	2	7,0	20,0
γ	0,02	0,02	14	−33	−22	−017 V?	55	2	3,6	4,2
μ	0,07	0,05	25	80	−28	−012	226			
(Crux, Cru)										
$\alpha^{1,2}$	—	−0,24	10	−35	−14	−011 SBO	117	3	0,4	4,4 AB
β	−0,13	−0,26	9	−48	−12	+016 SB	38	3	6,0	371,6 AC
γ	1,66	1,41	37	27	−264	+021		3	5,1	110,6 AB
δ	−0,13	−0,24	8	−36	−10	+022 V?	194			
ε	1,03	0,74	14	−171	91	−005				
μ^1	−0,10	−0,24	8	−30	−13	+014	48	2	1,0	34,9
ζ	−0,08	−0,19	9	−33	−10	+016	113	2	9,0	33,8
η	0,33	0,16	50	34	−37	+009 SB	65	2	7,5	44,0
θ^1	0,32	0,17	14	−152	6	−002 SB2O	33	2	9,3	4,5
(Triangulum Australe, TrA)										
α	—	—	7	17	−32	−003				
β	0,32	0,15	81	−188	−401	+000	92	2	11,0	155,0
γ	—	—	17	−66	−32	−003 V	214			
δ	—	0,39	5	3	−13	−005		2	8,0	30,0
ε	—	0,40	15	24	−54	−016 V?		2	5,4	83,2
(Lacerta, Lac)										
α	0,00	−0,03	31	137	17	−004 V?	146	2	8,3	36,3
1	1,00	0,72	5	8	0	−008	<19:			
5	1,39	1,07	2	0	−3	−004 SBO	:50			
β	0,77	0,57	19	−13	−186	−010	<17			
11	0,92	0,68	−10	−94	−10	−010	<17			
8485	1,01	0,74	−5	37	−15	−011 SB	<17	4	6,3	28,4 AB
6	−0,01	−0,11	−2	−2	−5	−008 SBO	74			

2. Дополнительные данные

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Андромеда									
β	43	337	6 860	5 447	414	30,41°	25,94°	127,10°	−27,10°
α	21	15	358	677	α And	14,31	25,68	111,73	−32,84
γ^1	57	603	12 533	9 640		44,23	27,81	136,96	−18,56
δ	31	165	3 627	3 092	15 142	21,81	24,35	119,87	−31,94
51	51	464	9 927	7 607		42,44	35,42	130,81	−13,53
o	1	8762	217 675	113 726	o And	7,78	43,75	102,21	−16,10
λ	16	8961	222 107	116 584	λ And	18,29	43,78	109,90	−14,53
μ	37	269	5 448	4 436		29,17	29.66	124,07	−24,36
ζ	34	215	4 502	3 693	ζ And	20,58	17,62	121,74	−38,59
υ	50	458	9 826	7 513		38,55	28,98	132,00	−20,66
$\varkappa$	19	8976	222 439	116 805	26 123	17,30	41,72	109,76	−16,71
φ	42	335	6 811	5 434	15 249	36,42	36,37	126,11	−15,52
ι	17	8965	222 173	116 631	14 646	16,08	41,03	109,03	−17,62
π	29	154	3 369	2 912	227	22,68	27,15	119,47	−29,05
ε	30	163	3 546	3 031		20,92	23,02	119,57	−33,47
η	38	271	5 516	4 463		22,38	15,93	124,65	−39,43
σ	25	68	1 404	1 473	118	20,40	31,60	115,59	−25,61
Близнецы									
β	78	2990	62 509	37 826	3 712	113,22	06,68	192,23	23,41
$\alpha^{1,2}$	66	2890/1	60 178/9	36 850	YY Gem	110,24	10,10	187,44	22,48
γ	24	2421	47 105	31 681		99,10	−06,74	196,77	04,45
μ	13	2286	44 478	30 343	μ Gem	95,30	−00,82	189,72	04,17
ε	27	2473	48 329	32 246	3 183	99,94	02,07	189,54	09,63
η	7	2216	42 995	29 655	η Gem	93,44	−00,89	188,85	02,52
ξ	31	2484	48 737	32 362	3 193	101,21	−10,10	200,74	04,50
δ	55	2777	56 986	35 550		108,52	−00,18	195,98	15,89
$\varkappa$	77	2985	62 345	37 740		113,67	03,08	195,85	21,97
λ	54	2763	56 537	35 350	3 512	108,78	−05,64	200,92	13,23
θ	34	2540	50 019	33 018		101,12	11,03	182,10	15,02
ι	60	2821	58 207	36 046		108,96	05,76	190,85	19,27
ζ	43	2650	52 973	34 088	ζ Gem	104,99	−02,04	195,75	11,90
υ	69	2905	60 522	36 962	3 652	111,34	05,22	192,60	21,06
ν	18	2343	45 542	30 883		96,80	−03,06	192,42	04,35
1	1	2134	41 116	28 734		90,95	−00,17	186,99	00,72
ρ	62	2852	58 946	36 366	17 482	109,09	09,81	187,14	21,34
σ	75	2973	62 044	37 629	σ Gem	112,63	07,45	191,19	23,27
τ	46	2697	54 719	34 693	3 437	105,44	07,75	187,22	17,20
30	30	2478	48 433	32 249		100,86	−09,80	200,30	04,37

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Andromeda, And)
β	Мирах.
α	Альферац. Перем. типа α^2 CVn, $P = 0{,}966^d$, $A = 0{,}04^m$.
γ^1	Аламак. Общ. μ с ADS 630 BC = γ^2 And $4{,}84^m$, $a = 0{,}3''$, $P = 61{,}1^a$. B: $5{,}5^m$ B8V, сп.-дв. $P = 2{,}7^d$. C: $6{,}3^m$ A0V.
δ	Сп. B: $12{,}4^m$ M2, общ. μ. A: сп.-дв. $a = 0{,}83''$, $P = 55{,}2^a$.
51	
o	AB: $P = 68{,}6^a$. A: сп.-дв., $a = 0{,}05''$, $P = 23{,}5^a$, перем. Be-звезда, $A = 0{,}20^m$.
λ	Пятенная перем. в двойной системе, $P = 54{,}20^d$, $A = 0{,}28^m$.
μ	
ζ	Сп.-дв. и затм. типа β Lyr, $P = 17{,}77^d$, $A = 0{,}22^m$. Сп. $8{,}9^m$, $36''$, общ. μ.
υ	
$\varkappa$	B: опт. сп.
φ	
ι	
π	A: сп.-дв. $P = 143{,}6^d$, $4{,}93^m$ B5V + $5{,}33^m$ B5V.
ε	
η	Сп.-дв. $P = 116^d$.
σ	
	(Gemini, Gem)
β	Поллукс. Опт. сп.
$\alpha^{1,2}$	Кастор. AB: $1{,}98^m$ и $2{,}88^m$, $P = 511^a$. A: сп.-дв. $P = 9{,}21^d$. B: сп.-дв. $P = 2{,}93^d$. Сп. C = алголь YY Gem: $P = 0{,}814^d$, 8,9–$9{,}6^m$, M1Ve + M1Ve.
γ	Альхена. Астрометр. дв.
μ	Красная непр. перем., $A = 0{,}27^m$.
ε	Мебсута. Сп. 9^m, K2.
η	Пропус. AB: $P = 474^a$. A: красная полуправ. $P = 233^d$ и затм. дв. $P = 2984^d$, A $\leqslant 0{,}8^m$.
ξ	
δ	Вазад. A: покр. дв. $3{,}7^m$, $5{,}7^m$, $a = 0{,}2''$. B: $8{,}2^m$, K3V. AB: $P = 1200^a$.
$\varkappa$	ADS 6321, физ. сп.
λ	ADS 5961, сп. 10^m, $10''$, общ. μ.
θ	ADS 5532, сп. $12{,}6^m$, $79''$.
ι	
ζ	Мекбуда. A: классическая цефеида, $P = 10{,}151^d$, $A = 0{,}56^m$. Сп. 8^m, $96''$.
υ	
ν	A: физ. дв., $4{,}3^m$, $6{,}0^m$, $a = 0{,}05''$, $P = 9{,}58^a$. BC: виз. дв., $9{,}0^m$, $9{,}4^m$, $a = 0{,}2''$.
1	AB: физ. дв., $4{,}7^m$, $5{,}1^m$, $P = 13{,}35^a$. B: сп.-дв., $P = 9{,}6^d$.
ρ	AB: виз. дв. A: сп.-дв. Сп. $7{,}7^m$, K8V, $724''$, общ. μ.
σ	Сп.-дв. $19{,}6^d$. Пятенная перем. $P = 19{,}423^d$, $A = 0{,}16^m$.
τ	Перем. неизв. типа, $A = 0{,}06^m$. Сп. 11^m, общ. μ.
30	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Большая Медведица									
ε	77	4905	112 185	62 956	ε UMa	158,93°	54,32°	122,18°	61,16°
α	50	4301	95 689	54 061	5 070	135,20	49,68	142,85	51,01
η	85	5191	120 315	67 301	6 450	176,93	54,39	100,69	65,32
ζ^A	79	5054	116 656	65 378	6 224	165,70	56,38	113,11	61,58
β	48	4295	95 418	53 910	5 053	139,43	45,13	149,17	54,80
γ	64	4554	103 287	58 001	5 379	150,48	47,14	140,84	61,38
ψ	52	4335	96 833	54 539		148,81	35,54	165,80	63,23
μ	34	4069	89 758	50 801	4 829	141,23	29,00	177,90	56,36
ι	9	3569	76 644	44 127	4 329	122,80	29,58	171,51	40,84
θ	25	3775	82 328	46 853	4 519	127,26	34,90	165,45	45,66
δ	69	4660	106 591	59 774	5 513	151,06	51,66	132,57	59,42
o	1	3323	71 369	41 704	4 093	113,00	40,24	155,97	35,43
λ	33	4033	89 021	50 372		139,55	29,89	175,87	55,09
ν	54	4377	98 262	55 219	18 715	156,65	26,16	190,73	69,08
$\varkappa$	12	3594	77 327	44 471	4 357	123,94	28,98	172,63	41,63
h	23	3757	81 937	46 733	4 506	120,82	45,17	150,64	41,74
χ	63	4518	102 224	57 399	5 319	153,66	41,54	150,32	65,72
υ	29	3888	84 999	48 319	υ UMa	126,27	42,65	154,31	45,58
ζ^B	79	5055	116 657	65 378	6 225	165,71	56,38	113,11	61,58
g	80	5062	116 842	65 477	6 238	165,87	56,55	112,77	61,47
ξ	53	4375/4	98 231	55 203	ξ UMa	157,34	24,72	195,08	69,25
f	15	3619	78 209	44 901		123,12	33,45	166,57	42,02
Большой Пес									
α	9	2491	48 915	32 349	17 173	104,08	−39,61	227,22	−08,88
ε	21	2618	52 089	33 579		110,76	−51,36	239,83	−11,33
δ	25	2693	54 605	34 444	3 424	113,40	−48,45	238,42	−08,27
β	2	2294	44 743	30 324	β CMa	97,19	−41,25	226,06	−14,27
η	31	2827	58 350	35 904	η CMa	119,54	−50,61	242,62	−06,49
o^2	24	2653	53 138	33 977	o^2 CMa	111,00	−46,13	235,55	−08,23
ζ	1	2282	44 402	30 122	2 927	97,38	−53,37	237,52	−19,43
σ	22	2646	52 877	33 856	σ CMa	111,56	−50,23	239,17	−10,27
ω	28	2749	56 139	35 037	ω CMa	115,63	−48,56	239,41	−07,15
o'	16	2580	50 877	33 152	o^1 CMa	108,16	−46,77	234,98	−10,21
$\varkappa$	13	2538	50 013	32 759	$\varkappa$ CMa	108,57	−55,15	242,36	−14,49
ν^2	7	2429	47 205	31 592	3 047	101,74	−42,32	228,69	−11,80
θ	14	2574	50 778	33 160		106,18	−34,72	223,98	−04,85
γ	23	2657	53 244	34 045	17 305	109,61	−37,99	228,25	−04,41
ξ^1	4	2387	46 328	31 125	ξ^1 CMa	100,66	−46,56	232,11	−14,53
ι	20	2596	51 309	33 347	ι CMa	107,52	−39,64	228,70	−06,68
τ	30	2782	57 061	35 415	τ CMa	116,38	−46,61	238,18	−05,54
ν^3	8	2443	47 442	31 700		102,00	−41,28	227,87	−11,11
λ		2361	45 813	30 788		100,58	−55,76	240,64	−18,76

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Ursa Major, UMa)
ε	Алиот. Перем. типа α^2 CVn, $P = 5{,}089^d$, $A = 0{,}02^m$.
α	Дубхе. AB: $1{,}87^m$, $4{,}81^m$, $P = 44{,}4^a$
η	Бенетнаш.
ζ^A	Мицар. Общ. μ с ζ^B UMa и g UMa. Сп.-дв. $P = 20{,}5^d$.
β	Мерак.
γ	Фекда.
ψ	
μ	Сп.-дв. 230^d.
ι	Физ. четверная. A/BC: $P = 818^a$. A: $a = 0{,}45''$, $P = 4028^d$. BC: $a = 0{,}68''$, $P = 39{,}7^a$.
θ	Физ. дв.
δ	Мегрец.
o	ADS 6830. B: 15^m, $7''$, общ. μ. A: перем. $A = 0{,}08^m$, $P = 385^d$.
λ	
ν	Сп. общ. μ.
κ	Физ. дв. $4{,}3^m$, $4{,}5^m$, $a = 0{,}27''$, $P = 70{,}1^a$
h	Физ. сп. 9^m, $23''$. Опт. сп. 10^m,$96''$.
χ	
υ	Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}133^d$, $A = 0{,}18^m$.
ζ^B	Мицар. Общ. μ с ζ^A UMa и g UMa Сп.-дв. $P = 175{,}6^d$.
g	Алькор. Общ. μ с ζ^A и ζ^B UMa.
ξ	AB: $P = 59{,}8^a$. A: сп.-дв. $0{,}05''$, $P = 1{,}8^a$, пятенная перем. $A = 0{,}01^m$. B: сп.-дв. $P = 4^d$.
f	
	(Canis Major, CMa)
α	Сириус. Физ. сп. $8{,}49^m$, DA (белый карлик), $a = 7{,}5''$, P = $50{,}1^a$.
ε	Адара.
δ	Везен.
β	Мирзам. Перем. типа β Cep, $P = 0{,}250^d$, $A = 0{,}07^m$.
η	Алудра. Перем. типа α Cyg, $A = 0{,}10^m$.
o^2	Перем. типа α Cyg, $A = 0{,}06^m$.
ζ	Фуруд. AB: общ. μ, сп. $7{,}7^m$, K0III. A: сп.-дв. $a = 0{,}025''$, $P = 675^d$.
σ	Красная непр. перем., $A = 0{,}08^m$.
ω	Перем. типа γ Cas, $A = 0{,}58^m$.
o^1	Красная непр. перем., $A = 0{,}21^m$.
κ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}19^m$.
ν^2	
θ	
γ	
ξ^1	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}210^d$. $A = 0{,}03^m$.
ι	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}08:^d$, $A = 0{,}04^m$.
τ	AP: $5{,}2^m$ и $5{,}2^m$. A: сп.-дв. $154{,}9^d$. Затменная типа β Lyr, $P = 1{,}282^d$, $A = 0{,}05^m$ Hip.
ν^3	
λ	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Весы									
β	27	5685	135 742	74 785	7 009	229,37°	08,50°	352,02°	39,23°
α^2	9	5531	130 841	72 622	6 827	225,08	00,33	340,33	38,01
σ	20	5603	133 216	73 714	σ Lib	230,69	−07,64	337,22	28,62
υ	39	5794	139 063	76 470		238,61	−08,51	341,89	21,94
τ	40	5812	139 365	76 600		239,35	−10,02	341,06	20,45
γ	38	5787	138 905	76 333		235,14	04,39	351,51	32,20
θ	46	5908	142 198	77 853		239,87	03,47	353,54	27,72
16	16	5570	132 052	73 165		223,15	11,97	351,73	46,27
Водолей									
β	22	8232	204 867	106 278		323,39	08,62	48,02	−37,88
α	34	8414	209 750	109 074		333,35	10,66	59,93	−42,07
δ	76	8709	216 627	113 136	14 356	338,87	−08,19	49,58	−60,67
c^2	88	8812	218 594	114 341		340,02	−14,49	41,76	−66,03
λ	73	8698	216 386	112 961	λ Aqr	341,58	−00,39	62,19	−55,73
$\zeta^{2,1}$	55	8559/8	213 052	110 960	25 909	338,91	08,85	65,35	−46,33
ε	2	7950	198 001	102 618		311,72	08,08	37,68	−30,10
γ	48	8518	212 061	110 395	14 132	336,71	08,24	62,18	−45,84
τ^2	71	8679	216 032	112 716	14 329	338,60	−05,66	52,27	−58,52
b^1	98	8892	220 321	115 438		343,46	−14,79	47,35	−68,59
η	62	8597	213 998	111 497		340,40	08,15	66,84	−47,61
θ	43	8499	211 391	110 003		333,26	02,71	53,51	−48,62
φ	90	8834	219 215	114 724	26 044	347,14	−01,05	70,94	−58,74
ψ^1	91	8841	219 449	114 855		346,31	−04,00	67,07	−61,11
ι	33	8418	209 819	109 139		328,72	−02,08	43,51	−49,37
b^2	99	8906	220 704	115 669	14 554	343,91	−15,57	46,74	−69,46
ψ^2	93	8858	219 688	115 033	ψ^2 Aqr	346,73	−04,28	67,62	−61,54
k	3	7951	198 026	102 624	EN Aqr	312,96	12,38	42,24	−28,09
c^1	86	8789	218 240	114 119		338,34	−16,59	35,23	−66,15
ω^2	105	8988	222 661	116 971		350,20	−11,62	67,66	−69,64
ν	13	8093	201 381	104 459		316,40	04,76	38,45	−35,77
Возничий									
α	13	1708	34 029	24 608	1 897	81,86	22,86	162,58	04,57
β	34	2088	40 183	28 360	β Aur	89,91	21,51	167,46	10,41
θ	37	2095	40 312	28 380	θ Aur	89,94	13,77	174,34	06,73
ι	3	1577	31 398	23 015	1 778	76,64	10,45	170,59	−06,16
ε	7	1605	31 964	23 416	ε Aur	78,84	20,94	162,79	01,18
η	10	1641	32 630	23 767	1 822	79,45	18,28	165,35	00,27
δ	33	2077	40 035	28 358		89,92	30,85	158,95	14,69
ζ	8	1612	32 068	23 453	ζ Aur	78,63	18,20	165,02	−00.43
ν	32	2012	39 003	27 673		88,29	15,72	171,84	06,28
π	35	2091	40 239	28 404	π Aur	89,99	22,50	166,60	10,94
$\varkappa$	44	2219	43 039	29 696	2 877	93,36	06,10	182,72	05,92
τ	29	1995	38 656	27 483		87,82	15,76	171,58	05,91
16	16	1726	34 334	24 727	1 909	81,14	10,25	173,07	−02,48

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Libra, Lib)
β	Зубенеш.
α^2	Зубен эль Генуби. Общ. μ с 8 Lib 5,3^m, F5, 231$''$.
σ	Красная полуправ. перем., $P = 20^d$, $A = 0{,}26^m$.
υ	ADS 9705.
τ	
γ	ADS 9704, сп. 12^m, 42$''$, общ. μ.
θ	
16	
	(Aquarius, Aqr)
β	Садалсууд.
α	Салалмелик.
δ	Скат.
c^2	
λ	Красная непр. перем., $A = 0{,}10^m$.
$\zeta^{2,1}$	AB: $P = 760^a$. B: сп.-астрометр. дв. 0,37$''$, $P = 25{,}7^a$
ε	Альбали.
γ	
τ^2	
b^1	
η	
θ	
φ	
ψ^1	B: виз.-интерф. дв. 9,6^m, 10,1^m, 0,2$''$.
ι	
b^2	
ψ^2	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}05^m$.
k	Красная непр. перем., $A = 0{,}04^m$.
c^1	
ω^2	ADS 16944, сп.-дв. 10^m, 5$''$, общ. μ.
ν	
	(Auriga, Aur)
α	Капелла. AB: сп.-интерф. дв. 0,6^m. 1,1^m, 0,06$''$, 104^d. Общ. μ на расст. 723$''$ с HL: 10,0^m M1V и 13,7^m M5V, 3,7$''$, P = 388^a.
β	Менкалинан. A: алголь, $P = 3{,}960^d$, $A = 0{,}09^m$. AP: общ. μ, 13$''$, 14,1^m.
θ	Перем. типа α^2 CVn, $P = 1{,}374^d$, $A = 0{,}08^m$. Опт. сп. 11^m, 49$''$.
ι	
ε	A: сп.- и затм. дв., уникальный алголь, $P = 9892^d$, $A = 0{,}91^m$. B: 14^m, 29$''$.
η	
δ	
ζ	Сп.- и затм. дв. (алголь), $P = 972{,}16^d$, $A = 0{,}27^m$.
ν	
π	Красная непр. перем., $A = 0{,}10^m$.
$\varkappa$	
τ	
16	ADS 3872. A: сп.-дв. $a = 0{,}03''$, P = 434,8^d.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Волк									
α		5469	129 056	71 860	α Lup	233,50°	−30,03°	321,61°	11,44°
β		5571	132 058	73 273		235,03	−25,05	326,25	13,91
γ		5776	138 690	76 297	γ Lup	241,50	−21,24	333,19	11,89
δ		5695	136 298	75 141	δ Lup	238,66	−21,43	331,32	13,82
ε		5708	136 504	75 264	20 302	240,12	−25,25	329,23	10,32
η		5948	143 118	78 384	20 465	245,77	−17,44	338,77	11,01
ζ		5649	134 505	74 395		240,76	−32,83	323,76	04,98
ι		5354	125 238	69 996	6 620	228,79	−30,19	318,48	14,14
φ^1		5705	136 422	75 177	20 301	237,49	−17,18	333,96	17,39
$\varkappa^1$		5646	134 481	74 376		239,47	−29,65	325,46	07,89
χ	5	5883	141 556	77 634		242,84	−13,18	340,57	15,82
π		5606/5	133 242/3	73 807		237,63	−28,40	325,33	09,93
ρ		5453	128 345	71 536	6 733	233,62	−32,17	320,13	09,86
λ		5626	133 955	74 117		237,71	−26,52	326,80	11,13
θ		5987	144 294	78 918	20 503	246,74	−15,62	340,83	11,32
μ		5683	135 734	74 911		240,37	−28,50	326,86	08,05
ω		5797	139 127	76 552		242,44	−22,46	332,78	10,44
f	2	5686	135 758	74 857	7 012	235,00	−11,50	336,96	22,88
o		5528	130 807	72 683	20 197	233,87	−25,86	324,90	14,11
τ^2		5396	126 354	70 576		229,76	−29,12	319,87	14,35
σ		5425	127 381	71 121	σ Lup	233,13	−33,44	318,93	09,25
Волопас									
α	16	5340	124 897	69 673	6 603	204,23	30,74	15,14	69,11
η	8	5235	121 370	67 927	19 993	199,34	28,08	5,30	73,03
ε	36	5506	129 989	73 807		208,11	40,62	39,38	64,78
γ	27	5435	127 762	71 075	γ Boo	197,66	49,55	67,26	66,17
δ	49	5681	135 722	74 666	7 002	213,16	48,97	53,12	58,43
β	42	5602	133 208	73 555	6 898	204,25	54,15	67,62	60,04
ρ	25	5429	127 665	71 053	6 697	202,79	42,45	47,29	67,80
ζ^{AB}	30	5477/8	129 247	71 795	6 766	213,04	27,88	10,80	61,12
θ	23	5404	126 660	70 497	6 669	182,61	60,11	93,84	59,65
υ	5	5200	120 477	67 459	6 458	199,20	25,20	355,81	72,40
λ	19	5351	125 162	69 732	6 611	186,96	54,65	86,97	64,67
μ^1	51	5733	137 391	75 411	7 063	213,18	53,42	60,39	56,31
σ	28	5447	128 167	71 284	6 717	203,90	42,14	45,62	67,20
τ	4	5185	120 136	67 275	6 444	197,93	26,51	358,95	73,88
Волосы Вероники									
β	43	4983	114 710	64 394	19 648	184,37	32,51	43,33	85,40
γ	15	4737	108 381	60 742		173,89	28,40	199,63	84,46
Ворон									
γ	4	4662	106 625	59 803	5 515	190,73	−14,50	290,99	44,50
β	9	4786	109 379	61 359	5 729	197,37	−18,04	297,87	39,31
δ	7	4757	108 767	60 965	5 656	193,45	−12,20	295,48	46,05
ε	2	4630	105 707	59 316	5 483	191,67	−19,67	290,59	39,26
α	1	4623	105 452	59 199		192,24	−21,75	290,66	37,12
η	8	4775	109 085	61 174	5 690	193,81	−11,69	296,19	46,42

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Lupus, Lup)
α	Мен. Перем. типа β Cep, $P = 0{,}260^{d}$, $A = 0{,}05^{m}$.
β	
γ	Дв. сист. $3,5^{m}$, $3,6^{m}$, $P = 147^{a}$. Вероятно, эллипсоидальная перем., $P = 5{,}702^{d}$, $A = 0{,}02^{m}$ Hip.
δ	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}165^{d}$, $A = 0{,}04^{m}$.
ε	A: сп.-дв. (два сп.), $4{,}56^{d}$; AB: $4{,}0^{m}$, $5{,}5^{m}$; еще один сп. $9{,}1^{m}$, 26,4″, общ. μ.
η	AB: физ. дв.
ζ	Сп. 7^{m}, F8, 72″, общ. μ.
ι	
φ^{1}	
κ^{1}	Сп. $5{,}7^{m}$, A0, 27″, общ. μ.
χ	
π	Физ. дв. $4{,}7^{m}$ и $4{,}8^{m}$.
ρ	
λ	Физ. дв. $4{,}7^{m}$, $5{,}0^{m}$, $a = 0{,}42''$, $P = 72{,}88^{a}$.
θ	
μ	AB: общ. μ с $7{,}2^{m}$, A, 24,3″.
ω	Сп.-дв.; сп. 11^{m}, 12″, общ. μ.
f	
o	Физ. дв.
τ^{2}	Физ. дв.; сп.-дв. 3043^{d}.
σ	Вероятно, эллипсоидальная перем., $P = 3{,}019^{d}$, $A = 0{,}02^{m}$.
	(Bootes, Boo)
α	Арктур.
η	Муфрид. Сп.-дв. 495^{d}.
ε	ADS 9372; B=сп.-дв.: C=12,3″, 178″.
γ	Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}290^{d}$, $A = 0{,}05^{m}$.
δ	Сп. $7{,}8^{m}$, G0V, 105″, общ. μ.
β	Неккар (или Мерец).
ρ	
ζ^{AB}	ADS 9343, $a = 0{,}6''$. $P = 123^{a}$. Оба комп. подозр. в перем. блеска.
θ	Сп. 11^{m}, M3, 69″, общ. μ.
υ	
λ	
μ^{1}	A: сп.-дв. 0,07″. BC: $7{,}0^{m}$, G5V и $7,6^{m}$, $a = 1,46''$, $P = 260{,}1^{a}$.
σ	
τ	
	(Coma Berenices, Com)
β	Возможно, долгопериод. сп.-дв.
γ	
	(Corvus, Crv)
γ	Гиена.
β	Крац.
δ	Альгораб.
ε	Минкар.
α	Альчиба.
η	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Геркулес									
β	27	6148	148 856	80 816	7 778	241,09°	42,70°	39,01°	40,21°
ζ	40	6212	150 680	81 693	7 915	241,46	53,11	52,66	40,28
δ	65	6410	156 164	84 379	8 419	254,76	47,69	46,83	31,42
π	67	6418	156 283	84 380	8 431	252,07	59,55	60,66	34,34
μ	86	6623	161 797	86 974		265,22	51,10	52,45	25,63
α^1	64	6406	156 014	84 345	α Her	256,15	37,29	35,53	27,82
η	44	6220	150 997	81 833	7 934	238,79	60,29	62,28	40,90
ξ	92	6703	163 993	87 933	ξ Her	269,19	52,69	54,91	23,77
γ	20	6095	147 547	80 170	γ Her	239,21	40,01	35,26	41,30
ι	85	6588	160 762	86 414	ι Her	259,89	69,27	72,32	31,27
o	103	6779	166 014	88 794	o Her	272,70	52,18	55,19	21,59
109	109	6895	169 414	90 139	10 742	277,80	45,05	49,77	15,60
θ	91	6695	163 770	87 808	9 890	268,47	60,68	63,26	26,42
τ	22	6092	147 394	79 992	τ Her	224,38	65,83	72,48	45,04
ε	58	6324	153 808	83 207		248,33	53,25	52,85	36,17
110	110	7061	173 667	92 043	11 323	284,78	43,40	50,79	10,43
σ	35	6168	149 630	81 126	7 837	233,24	63,16	66,91	42,70
φ	11	6023	145 389	79 101	φ Her	221,63	63,78	70,85	47,11
102	102	6787	166 182	88 886		272,86	44,23	47,42	18,42
111	111	7069	173 880	92 161	24 591	284,86	41,02	48,76	09,12
ν	94	6707	164 136	87 998	ν Her	269,45	53,63	55,94	23,92
λ	76	6526	158 899	85 693	9 070	259,90	49,29	49,48	28,44
ρ	75	6485	157 779	85 112	8 605	255,37	60,12	61,44	32,71
Гидра									
α	30	3748	81 797	46 390	4 496	147,28	−22,38	241,49	29,05
γ	46	5020	115 659	64 962	6 180	207,02	−13,74	311,10	39,26
ζ	16	3547	76 294	43 813		134,58	−10,97	222,34	30,20
ν		4232	93 813	52 943		170,37	−21,80	265,05	37,56
π	49	5287	123 123	68 895		218,62	−13,05	323,00	33,25
ε	11	3482	74 874	43 109	ε Hya	132,34	−11,10	220,72	28,53
ξ		4450	100 407	56 343	18 790	187,99	−31,60	284,08	28,13
λ	41	3994	88 284	49 841		159,37	−22,01	253,01	34,50
μ	42	4094	90 432	51 069	18 402	165,04	−24,67	259,99	33,65
θ	22	3665	79 469	45 336	4 425	140,29	−13,05	228,77	32,53
30 Mon		3314	71 155	41 307	17 882	129,85	−22,45	227,78	18,89
ι	35	3845	83 618	47 431	4 568	147,64	−14,28	236,49	35,98
υ^1	39	3903	85 444	48 356		155,69	−26,08	251,23	29,44
δ	4	3410	73 262	42 313		130,30	−12,39	220,26	26,18
β		4552	103 192	57 936	β Hya	193,45	−31,47	289,27	27,41
η	7	3454	74 280	42 799	η Hya	132,30	−14,25	223,25	26,32
D	12	3484	74 918	43 067		138,36	−30,27	239,25	18,01
ρ	13	3492	75 137	43 234		132,91	−11,55	221,52	28,62
E	58	5526	130 694	72 571		228,48	−11,10	332,65	27,97
σ	5	3418	73 471	42 402		131,21	−14,60	222,71	25,31
R		5080	117 287	65 835	R Hya	209,42	−12,90	314,22	38,75

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Hercules, Her)
β	Корнефорос. Сп.-дв. 410,6^d.
ζ	Физ. сп. 5,53^m, K0V, a = 1,355″, P = 34,487^a. A: сп.-дв. с тем же периодом.
δ	Сарин. Опт. спутники B: 8, 3^m, C: 158,9″, D: 190,9″.
π	
μ	Сп. 10,2^m двойной: Δm = 0,5^m, a = 1,36″, P = 43,2^a.
α^1	Рас Альгети. AB: физ.дв.; A: физ.дв. 0,2″, полуправ. перем., A $\leqslant$ 1,3^m. B: сп.-дв. 51,58^d.
η	
ξ	Полуправ. перем. A = 0,03^m Hip.
γ	V_r измен. с P = 11,9^d. Вероятная полуправ. перем., A = 0,09^mB.
ι	Перем. типа β Cep, $P \approx$ 0,12^d, A = 0,02^m.
o	Перем. Be-звезда, A = 0,07^m.
109	
θ	
τ	Пульсирующая B-звезда, A = 0,03^m Hip.
ε	Сп.-дв. 4,02^d.
110	
σ	
φ	Вероятно, перем. типа α^2 CVn, A = 0,01^m Hip.
102	Физ. дв.
111	
ν	Вероятная полуправ. перем., A = 0,10^m.
λ	
ρ	Физ. дв.
	(Hydra, Hya)
α	Альфард.
γ	
ζ	
ν	
π	
ε	AB: 3,8^m, G5III и 4,7^m, A8IV, P = 15,06^a. Физ.сп. C: 7,8^m, F7V, 2,8″, сп.-дв. 9,9047^d; сп. D: 12,7^m, 19″, общ. μ. Вероятно, переменность связана с вращением запятненной звезды, A = 0,04^m.
ξ	
λ	C: опт. сп.; A: сп.-дв. 1586^d.
μ	
θ	AB: опт.-дв.; A: сп.-дв.; опт. сп. C: 11,9^m, 80,9″ и D: 12,4^m, 90,4″.
30 Mon	Перешла из созвездия Единорога в связи с уточнением границ созвездий, но сохранила традиционное обозначение.
ι	
υ^1	
δ	
β	Физ. дв. Перем. типа α^2 CVn, P = 2,344^d, A = 0,04^m.
η	Перем. типа β Cep, P = 0,17^d, A = 0,06^m.
D	Сп.-дв.
ρ	ADS 7006. Сп. 13^m, 12″, общ. μ: A: сп.-дв. 8,2^d.
E	
σ	
R	A: мирида с ампл.~ 7^m, период 389^d уменьш. (в начале XVIII в. был ~ 500^d).

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Голубь									
α		1956	37 795	26 634	2 549	82,17°	−57,38°	238,81°	−28,86°
β		2040	39 425	27 628		86,42	−59,18	241,35	−27,06
δ		2296	44 762	30 277		98,42	−56,71	241,03	−20,24
ε		1862	36 597	25 859		78,70	−58,63	239,89	−30,88
η		2120	40 808	28 328		89,61	−66,25	249,46	−27,23
γ		2106	40 494	28 199	16 739	89,03	−58,72	241,23	−25,64
κ		2256	43 785	29 807	2 897	96,48	−58,49	242,35	−21,89
Гончие Псы									
α^2	12	4915	112 413	63 125	α^2 CVn	174,57	40,12	118,29	78,77
β	8	4785	109 358	61 317	5 725	167,71	40,54	136,10	75,32
Дева									
α	67	5056	116 658	65 474	α Vir	203,84	−02,05	316,11	50,84
ε	47	4932	113 226	63 608	6 064	189,94	16,20	312,34	73,63
γ^{AB}	29	4825/6	110 379/80	61 941	5 859	190,14	02,79	297,85	61,33
δ	43	4910	112 300	63 090	6 026	191,46	08,61	305,53	66,25
ζ	79	5107	118 098	66 249		202,13	08,64	325,25	60,39
β	5	4540	102 870	57 757		177,16	00,69	270,50	60,75
109	109	5511	130 109	72 220	6 794	218,52	17,10	355,28	52,68
μ	107	5487	129 502	71 957		220,13	09,67	346,55	47,54
η	15	4689	107 259	60 129	5 555	184,83	01,37	286,40	61,19
ν	3	4517	102 212	57 380	ν Vir	174,16	04,59	262,86	64,18
ι	99	5338	124 850	69 701	6 604	213,80	07,20	337,75	51,07
ο	9	4608	104 979	58 948		177,69	08,52	270,07	68,60
κ	98	5315	124 294	69 427	20 060	214,49	02,91	333,51	47,70
τ	93	5264	122 408	68 520		207,75	13,06	339,22	59,38
θ	51	4963	114 330	64 238		198,24	01,74	311,42	57,03
110	110	5601	133 165	73 620	20 230	222,62	18,55	0,07	49,79
λ	100	5359	125 337	69 974	6 621	216,95	00,49	333,40	44,25
Дельфин									
β	6	7882	196 524	101 769		316,34	31,92	58,88	−15,65
α	9	7906	196 867	101 958	13 207	317,38	33,02	60,30	−15,32
ε	2	7852	195 810	101 421	13 137	314,06	29,07	55,42	−16,59
γ^2	12	7948	197 964	102 532		319,37	32,70	61,50	−16,58
δ	11	7928	197 461	102 281	δ Del	318,12	31,94	60,14	−16,55

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Columba, Col)
α	Факт.
β	
δ	Сп.-дв. 869^{d}.
ε	
η	
γ	
κ	
	(Canes Venatici, CVn)
α^2	Cor Caroli (Сердце Карла). AB: физ. дв.; A: прототип хим. пекулярных перем. звезд, $P = 5{,}469^{d}$, $A = 0{,}14^{m}$.
β	Чара (или Астерион).
	(Virgo, Vir)
α	Спика. Эллипсоидальная перем. (с пульсирующим компонентом типа β Cep), $P = 4{,}015^{d}$, $A = 0{,}10^{m}$.
ε	Винде-Миатрикс.
γ^{AB}	Поррима. AB: $3{,}48^{m}$, $3{,}50^{m}$, $a = 3{,}75''$, $P = 171{,}4^{a}$; еще опт. сп. $14{,}5^{m}$, $53''$.
δ	Аува.
ζ	Хезе.
β	Альараф.
109	
μ	
η	
ν	Красная полуправ. перем., $A = 0{,}06^{m}$ Hip.
ι	
o	
κ	
τ	
θ	AB: $4{,}38^{m}$, $8{,}0^{m}$, $7{,}1''$, общ. μ. AC: сп. $10{,}4^{m}$, $71''$, общ. μ. AP: $0{,}2''$, $P = 17{,}84^{a}$.
110	
λ	Сп.-дв. $1{,}93^{d}$ (два сп.).
	(Delphinus, Del)
β	Ротанев. AB: физ. и сп.-дв. с $P = 26{,}65^{a}$, $a = 0{,}475''$.
α	Суалоцин. A: дв. $0{,}2''$. Опт. спутники: B: $13{,}4^{m}$, $29{,}5''$, C: $11{,}9^{m}$, $43{,}4''$, D: $12{,}9^{m}$, $46{,}5''$, E: $12{,}6^{m}$, $54{,}5''$, F: $10{,}7^{m}$, $79{,}4''$.
ε	
γ^2	γ^2 Del и γ^1 Del ($5{,}14^{m}$, F7V) — физ. дв.
δ	Перем. типа δ Sct, два перем. компонента SB, $P = 0{,}134^{d}$ и $P = 0{,}158^{d}$, общая $A = 0{,}11^{m}$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Дракон									
γ	33	6705	164 058	87 833		267,97°	74,92°	79,06°	29,22°
η	14	6132	148 387	80 331	7 713	194,49	78,44	92,58	40,95
β	23	6536	159 181	85 670		251,96	75,28	79,58	33,31
δ	57	7310	180 711	94 376		17,16	82,89	98,65	23,00
ζ	22	6396	155 763	83 895		183,38	84,76	96,01	35,04
ι	12	5744	137 759	75 458	7 077	184,95	71,09	93,97	48,63
χ	44	6927	170 153	89 937	10 749	75,93	83,57	103,46	28,06
α	11	5291	123 299	68 756	6 546	157,46	66,36	110,52	50,96
ξ	32	6688	163 588	87 585	24 040	264,75	80,28	85,17	30,23
ε	63	7582	188 119	97 433	12 465	32,69	79,49	102,43	20,83
λ	1	4434	100 029	56 211	5 231	130,33	57,24	132,98	46,20
κ	5	4787	109 387	61 281	κ Dra	136,26	61,76	125,21	47,26
θ	13	5986	144 284	78 527		196,67	74,44	90,18	44,58
φ	43	6920	170 000	89 908	φ Dra	71,09	84,88	101,88	28,04
3751		3751	81 817	47 193		104,48	60,69	130,65	32,65
τ	60	7352	181 984	94 648	11 898	55,01	80,70	104,73	24,21
ρ	67	7685	190 940	98 702		20,36	78,16	100,70	18,64
Единорог									
β^{ABC}	11	2356–8	45 725	30 867		98,28	−30,27	216,66	−08,21
α	26	2970	61 935	37 447		119,28	−30,45	227,19	06,52
γ	5	2227	43 232	29 651		94,25	−29,66	214,40	−10,98
δ	22	2714	55 185	34 769		109,54	−22,72	215,70	04,32
ζ	29	3188	67 594	39 863		125,14	−22,59	224,72	15,66
ε	8	2298	44 769	30 419		96,25	−18,72	205,68	−04,03
18	18	2506	49 293	32 578		102,78	−20,50	210,38	00,30
13	13	2385	46 300	31 216	16 904	98,48	−15,86	204,30	−00,75
30 Mon — Перешла в созвездие Гидры в связи с уточнением границ созвездий, но сохранила									
Жертвенник									
β		6461	157 244	85 258		264,21	−32,26	335,37	−11,01
α		6510	158 427	85 792	α Ara	264,93	−26,56	340,76	−08,83
ζ		6285	152 786	83 081		259,82	−33,09	332,80	−08,20
γ		6462	157 246	85 267		264,29	−33,11	334,64	−11,48
δ		6500	158 094	85 727		265,56	−37,36	331,27	−14,36
θ		6743	165 024	88 714		271,19	−26,66	343,33	−13,82
η		6229	151 249	82 363		258,90	−36,28	329,64	−09,16
ε^1		6295	152 980	83 153		259,58	−30,27	335,15	−06,59
Живописец									
α		2550	50 241	32 607		144,12	−83,04	271,92	−24,10
β		2020	39 060	27 321	16 683	82,54	−74,42	258,37	−30,61
γ		2042	39 523	27 530		82,18	−79,54	264,31	−30,69
Жираф									
β	10	1603	31 910	23 522	16 223	81,27	37,43	149,57	11,38
1035		1035	21 291	16 228	CS Cam	66,58	39,53	141,50	02,88
α	9	1542	30 614	22 783	16 180	80,98	43,42	144,07	14,04
7	7	1568	31 278	23 040	16 198	79,27	30,90	154,47	06,68
1155		1155	23 475	17 884	BE Cam	71,87	44,13	140,02	08,75

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Draco, Dra)
γ	Этамин. Опт. спутники B: 13,4^m, 20,9$''$, C: 12,9^m, 45,7$''$, D: 12,9^m, 57,6$''$, E: 11,9^m, 96,9$''$, F: 11,2^m, 125,3$''$, G: 11,9^m, 140,1$''$.
η	AB: физ. дв.: сп. B: 8,2^m, 5,2$''$.
β	Растабан. Сп. C: 12,7^m, 117,4$''$.
δ	Альтаис.
ζ	
ι	
χ	Физ. дв. $a = 0{,}124''$, $P = 0{,}768^a$.
α	Тубан. Сп. дв. 51,4^d.
ξ	
ε	Физ. сп. 7,1^m, F6V, 3,1$''$.
λ	
κ	Сп.-дв. 0,89^d. Перем. Be-звезда, $A = 0{,}19^m$.
θ	Сп.-дв. 3,07^d.
φ	Сп. C: 12,7^m, 71,8$''$. A: перем. типа α^2 CVn, $P = 1{,}716^d$, $A = 0{,}04^m$.
3751	
τ	Сп.-дв.
ρ	Сп. C: 17,8^m, 145$''$.
	(Monoceros, Mon)
β^{ABC}	Физ. тройная: A: 4,6^m перем. Be-звезда, $A = 0{,}07^m$ Hip, B: 5,4^m, C: 5,6^m; AB: 7,3$''$, BC: 2,8$''$.
α	
γ	
δ	
ζ	Сп. B: 10,1^m, G8II, 32,6$''$, опт.?; еще сп. 40,3$''$.
ε	Сп. B: F5V, общ. μ; еще сп. 12,2^m, 94$''$.
18	
13	
традиционное обозначение.	
	(Ara, Ara)
β	
α	Перем. Be-звезда, A $\leqslant 0{,}24^m$.
ζ	
γ	Сп. B: 10,0^m, 18$''$.
δ	
θ	
η	
ε^1	
	(Pictor, Pic)
α	
β	
γ	
	(Camelopardalis, Cam)
β	
1035	
α	
7	Сп. C: 11,3^m, 26$''$.
1155	Красная непр. перем., $A = 0{,}13^m$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Журавль									
α		8425	209 952	109 268	14 040	315,91	−32,91°	350,00°	−52,47°
β		8636	214 952	112 122	β Gru	322.33	−35,43	346,27	−57,95
γ		8353	207 971	108 085		317,42	−23,05	6.11	−51,47
ε		8675	215 789	112 623	14 320	320,73	−39.79	338,31	−56,53
ι		8820	218 670	114 421		328,50	−36,25	344,27	−62,93
δ^1		8556	213 009	110 997	14 169	321,60	−31,35	353,77	−57,05
δ^2		8560	213 080	111 043	δ^2 Gru	321,57	−31,61	353,28	−57,06
ζ		8747	217 364	113 638		321,93	−41,99	334.11	−57,16
θ		8787	218 227	114 131		328,84	−34,44	348,24	−63,30
λ		8411	209 688	109 111		318,94	−25.97	2,22	−53,67
Заяц									
α	11	1865	36 673	25 985	2 128	81,38	−41,06	220,95	−25,14
β	9	1829	36 079	25 606		79,67	−43,91	223,56	−27,20
ε	2	1654	32 887	23 685	1 826	72,06	−44,96	223,25	−32,73
μ	5	1702	33 904	24 305	μ Lep	75.39	−39,05	217,25	−28,91
ζ	14	1998	38 678	27 288		85,99	−38,22	219,40	−20,83
γ	13	1983	38 393	27 072		84,85	−45,82	226,79	−24,27
η	16	2085	40 136	28 103		88,90	−37,60	219,76	−18,47
δ	15	2035	39 364	27 654		87.17	−44,30	225,82	−22,22
λ	6	1756	34 816	24 845		77,78	−36,19	214,83	−26,24
κ	4	1705	33 949	24 327	16 265	75.90	−35,81	213,88	−27,55
ι	3	1696	33 802	24 244		75.76	−34,72	212,67	−27,32
Змееносец									
α	55	6556	159 561	86 032	9 189	262,45	35,84	35,90	22,57
η	35	6378	155 125	84 012		257,97	07,20	6,72	14,01
ζ	13	6175	149 757	81 377	ζ Oph	249,23	11,39	6,28	23,59
δ	1	6056	146 051	79 593	7 556	242,30	17,24	8,85	32,20
β	60	6603	161 096	86 742	23 613	265.34	27,94	29,21	17,19
κ	27	6299	153 210	83 000	κ Oph	251,82	31,84	28,37	29,50
ε	2	6075	146 791	79 882		243,51	16,44	8,56	30,81
θ	42	6453	157 056	84 970	θ Oph	261,39	−01,84	0,46	06,55
ν	64	6698	163 917	88 048	24 061	269,75	13,67	18.17	06,98
72	72	6771	165 777	88 771		272,16	32,99	36,59	14,09
γ	62	6629	161 868	87 108		266.63	26,11	28,02	15,36
λ	10	6149	148 857	80 883	7 784	245,59	23,56	17,12	31,85
67	67	6714	164 353	88 192		270,18	26,37	29,73	12,63
p	70	6752	165 341	88 601	V2391 Oph	271.51	25,93	29,91	11,38
b	44	6486	157 792	85 340	8 640	262,33	−00,96	1,71	06,19
d	45	6492	157 919	85 423		262,88	−06.63	357,08	02.85
φ	8	6147	148 786	80 894		248,67	05,20	0,13	21,08
σ	49	6498	157 999	85 355	8 664	260,59	27,31	26,77	20,75
$36^{1,2}$	36	6402/1	155 886/5	84 405		260,03	−03,55	358,30	06,88
ξ	40	6445	156 897	84 893	21 541	260,90	02,02	3,59	08,92
ι	25	6281	152 614	82 673	8 034	250,64	32,50	28,73	30,66
68	68	6723	164 577	88 290	10 009	270,48	24,74	28,38	11,64
χ	7	6118	148 184	80 569	χ Oph	247,98	03,22	357,93	20,68
ω	9	6153	148 898	80 975	ω Oph	249,63	00,43	356,30	17,83
ψ	4	6104	147 700	80 343		247,55	01,55	356,17	20,18

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Grus, Gru)
α	Альнаир.
β	Красная непр. перем., $A = 0{,}3^m$.
γ	Альданаб.
ε	
ι	Сп.-дв. $409{,}6^d$.
δ^1	
δ^2	Красная непр. перем., $A = 0{,}21^m$.
ζ	
θ	Сп. C: $8{,}1^m$, G0, $160''$.
λ	
	(Lepus, Lep)
α	Арнеб. Сп. C: $11{,}9^m$, $91{,}4''$.
β	Нихаль. Спутники C: $12{,}0^m$, $60{,}8''$; D: $10{,}5^m$, $206{,}4''$; E: $10{,}5^m$, $241{,}5''$.
ε	
μ	Перем. типа α^2 CVn, $P \approx 2^d$, $A = 0{,}44^m$.
ζ	
γ	Сп. B: K2V, общ. μ.
η	
δ	
λ	
$\varkappa$	Сп. общ. μ.
ι	Сп. общ. μ.
	(Ophiuchus, Oph)
α	Расальхаг. Астрометр. дв.
η	Сабик. Физ. дв. AB: $3{,}0^m$, $3{,}5^m$, $a = 0{,}86''$, $P = 88^a$ или $a = 1{,}057''$, $P = 84{,}3^a$; опт. сп. C: $12{,}3^m$, $98''$ и D: $10{,}7^m$, $101''$.
ζ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}02^m$.
δ	
β	Цебальрай.
$\varkappa$	Красная непр. перем., $A = 0{,}9^m$ в синих лучах по фотографическим данным.
ε	
θ	Сп.-дв. $0{,}29^d$. Перем. типа β Cep, $P = 0{,}141^d$, $A = 0{,}06^m$.
ν	
72	Сп. B: 14^m, $25{,}4''$.
γ	
λ	Физ. дв. $4{,}16^m$, $5{,}25^m$, $a = 0{,}97''$, $P = 129{,}87^a$. Сп. 11^m, $120''$, общ. μ.
67	Спутники B: $13{,}7^m$, $6{,}6''$, E: 11^m, $45{,}8''$. CD: $8{,}1^m$, $12{,}5^m$, $8{,}4''$.
p	AB: $a = 4{,}55''$, $P = 88{,}13^a$. В радиусе $3'$ вокруг AB еще 11 зв. 12–14^m. Перем., вероятно, связана с вращ. запятненной зв. $P = 1{,}964^d$, $A = 0{,}02^m$.
b	
d	
φ	
σ	
$36^{1,2}$	Физ. дв. $5{,}07^m$, $5{,}11^m$, $a = 13{,}91''$, $P = 548{,}7^a$. Спутники C: $6{,}3^m$, $732''$ и D: $8{,}0^m$, $208''$.
ξ	
ι	
68	Физ. дв.
χ	Перем. типа γ Cas, $A = 0{,}8^m$.
ω	Перем. типа α^2 CVn, $P \approx 3^d$, $A = 0{,}07^m$.
ψ	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Змея									
α	24	5854	140 573	77 070	20 391	232,07°	25,51°	14,20°	44,08°
η	58	6869	168 723	89 962	10 675	275,68	20,44	26,91	05,36
ξ	55	6561	159 876	86 263	9 270	264,55	07,93	10,61	08,66
μ	32	5881	141 513	77 516		235,94	16,24	4,59	37,29
β	28	5867	141 003	77 233	20 396	229,95	34,33	25,98	47,87
ε	37	5892	141 795	77 622		234,33	24,01	13,15	41,66
δ^{AB}	13	5788/9	138 917/8	76 276	δ Ser	228,34	28,88	17,59	48,19
γ	41	5933	142 860	78 072	7 350	232,78	35,20	27,75	45,71
$\theta^{1,2}$	63	7141/2	175 638/9	92 946/51	11 557	285,75	26,88	37,22	00,85
$\varkappa$	35	5879	141 477	77 450	7 269	229,78	37,11	30,10	48,33
o	56	6581	160 613	86 565	o Ser	265,39	10,49	13,28	09,17
ν	53	6446	156 928	84 880		260,30	10,26	10,63	13,46
λ	27	5868	141 004	77 257	7 246	232,40	26,54	15,70	44,10
Золотая Рыба									
α		1465	29 305	21 281	α Dor	37,83	−74,58	263,83	−41,42
β		1922	37 350	26 069	β Dor	52,12	−85,04	271,73	−32,77
γ		1338	27 290	19 893	γ Dor	36,55	−70,14	259,84	−44,79
δ		2015	39 014	27 100		26,45	−88,25	275,47	−31,37
Индеец									
α		7869	196 171	101 772		299,10	−27,75	352,57	−37,21
β		7986	198 700	103 227		297,79	−39,16	338,16	−38,85
θ		8140	202 730	105 319		304,20	−35,78	343,69	−43,32
δ		8368	208 450	108 431		309,80	−39,46	339,11	−48,12
η		7920	197 157	102 333		298,67	−32,49	346,69	−38,16
Кассиопея									
α	18	168	3 712	3 179	α Cas	37,78	46,62	121,42	−06,30
β	11	21	432	746	β Cas	35,12	51,22	117,52	−03,27
γ	27	264	5 394	4 427	γ Cas	43,93	48,82	123,58	−02,15
δ	37	403	8 538	6 686	δ Cas	47,93	46,40	127,19	−02,35
ε	45	542	11 415	8 886	652	54,76	47,55	129,84	01,65
η	24	219	4 614	3 821	η Cas	40,25	47,01	122,60	−05,05
ζ	17	153	3 360	2 920	225	35,07	44,72	120,78	−08,91
50	50	580	12 216	9 598		63,56	54,39	128,38	10,31
$\varkappa$	15	130	2 905	2 599	$\varkappa$ Cas	42,60	52,28	120,84	00,14
θ	33	343	6 961	5 542	423	41,80	43,12	125,76	−07,61
o	22	193	4 180	3 504	o Cas	32,46	39,31	121,78	−14,57

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Serpens, Ser)
α	Унук аль Хай (или Cor Serpentis).
η	
ξ	Сп.-дв. 2,29^d.
μ	
β	AB: общ. μ. Сп. C: 10,7^m, 201″.
ε	
δ^{AB}	Физ. дв.; A: 4,2^m, B: 5,2^m; A: перем. типа δ Sct, $P = 0{,}134^d$, $A = 0{,}04^m$.
γ	
$\theta^{1,2}$	AB: физ. дв.; BC: 4,98^m, 7,9″. θ^1 — перем.?
$\varkappa$	
o	Вероятная перем. типа δ Sct, $P = 0{,}053^d$, $A = 0{,}01^m$.
ν	
λ	
	(Dorado, Dor)
α	Перем. типа α^2 CVn, $P = 2{,}95^d$, $A = 0{,}04^m$. Опт. сп. 11,4^m, 82″.
β	Классическая цефеида, $P = 9{,}843^d$, $A = 0{,}62^m$. Сп. дв. с тем же периодом.
γ	Прототип нового типа пульсирующих F-карликов, $A = 0{,}04^m$.
δ	
	(Indus, Ind)
α	
β	
θ	
δ	
η	
	(Cassiopeia, Cas)
α	Шедар. С XIX в. входит в каталоги перем. звезд, но перем-ть уверенно не подтверждена.
β	Каф. Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}104^d$, $A = 0{,}06^m$. Сп.-дв. 27^d.
γ	Прототип высокоамплитудных перем. Be-звезд, $A \approx 1{,}4^m$. AB: общ. μ.
δ	Рукба. Вероятно, затменная, $P = 759^d$, $A = 0{,}08^m$. Промежуток времени min II − min I = 361^d. Элементы требуют подтверждения.
ε	Сегин.
η	Вероятно, пятенная перем. в дв. системе, $A = 0{,}05^m$. AB: $a = 12''$, $P = 480^a$; B: астрометр. дв.; еще 5 слабых опт. спутников.
ζ	
50	
$\varkappa$	Пульсирующая перем. типа α Cyg, $A = 0{,}08^m$.
θ	
o	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}12^m$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Кентавр									
α^{A}		5459	128 620	71 683	20 145	239,48°	−42,60°	315,78°	−00,71°
β		5267	122 451	68 702	β Cen	233,79	−44,14	311,77	01,25
α^{B}		5460	128 621	71 681		239,48	−42,60	315,78	−00,71
θ	5	5288	123 139	68 933		222,31	−22,08	319,46	24,08
γ		4819	110 304	61 932		212,32	−40,16	301,26	13,88
ε		5132	118 716	66 657	ε Cen	225,55	−39,59	310,19	08,72
η		5440	127 972	71 352	η Cen	230,25	−25,51	322,77	16,67
ζ		5231	121 263	68 002		224,95	−32,94	314,07	14,19
δ		4621	105 435	59 196	δ Cen	207,48	−44,51	296,00	11,57
ι		5028	115 892	65 109		213,13	−26,02	309,42	25,79
μ		5193	120 324	67 472	μ Cen	221,54	−28,98	314,24	19,12
$\varkappa$		5576	132 200	73 334	6 873	234,79	−24,03	326,87	14,75
λ		4467	100 841	56 561		214,54	−56,79	294,47	−01,40
ν		5190	120 307	67 464	ν Cen	221,15	−28,27	314,41	19,89
φ		5248	121 743	68 245	6 509	223,04	−28,00	315,98	19,07
τ		4802	109 787	61 622		211,33	−40,13	300,59	14,27
υ^{1}		5249	121 790	68 282	20 006	224,34	−30,45	315,29	16,45
d		5089	117 440	65 936	6 283	216,48	−27,62	311,22	22,83
π		4390	98 718	55 425		202,20	−51,81	289,96	06,09
σ		4743	108 483	60 823		210,73	−42,39	299,10	12,47
ρ		4638	105 937	59 449	19 284	209,39	−45,58	296,78	10,03
b		5471	129 116	71 865		229,93	−20,99	325,90	20,10
c^{1}		5485	129 456	72 010		229,38	−18,40	327,48	22,29
ψ		5367	125 473	70 090	20 084	225,69	−22,50	321,72	21,71
4522		4522	102 350	57 439	5 325	213,83	−54,60	295,19	00,71
g	2	5192	120 323	67 457	V806 Cen	218,03	−21,61	316,32	26,91
l	1	5168	119 756	67 153	19 951	216,68	−20,60	315,86	28,46
ξ^{2}		4942	113 791	64 004		217,56	−38,91	305,49	12,89
n		4889	111 968	62 896		209,38	−31,45	303,34	22,69
e		4888	111 915	62 867		214,44	−39,19	303,22	13,93
υ^{2}		5260	122 223	68 523		225,29	−30,97	315,60	15,53
j		4537	102 776	57 669	5 357	217,51	−56,21	296,18	−01,73
v		5358	125 288	70 069		233,98	−39,61	315,05	04,38
χ		5285	122 980	68 862	χ Cen	224,15	−26,59	317,73	19,54
5378		5378	125 823	70 300	V761 Cen	226,80	−23,85	321,57	20,02
4546		4546	102 964	57 803		200,05	−41,42	291,92	16,40
4618		4618	105 382	59 173	V863 Cen	207,38	−44,48	295,94	11,62

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Centaurus, Cen)
α^A	Толиман (или Ригиль Кентаврус). AB: физ. дв. $a = 17{,}515''$, $P = 79{,}92^a$. Сп. (Проксима) C: $11{,}0^m$, M5,5Ve, общ. μ, $P = 0{,}772''$.
β	Хадар. Сп.-дв. Перем. типа β Cep, $P = 0{,}157^d$, $A = 0{,}05^m$.
α^B	C — Проксима Кентавра.
θ	Менкент.
γ	AB: физ. дв. $a = 0{,}93''$, $P = 84{,}5^a$.
ε	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}170^d$, $A = 0{,}06^m$.
η	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}11^m$.
ζ	Сп.-дв. $8{,}02^d$.
δ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}14^m$. Тройная; общ. μ со звездами BS 4618 ($4{,}5^m$, B6IIIe, $268{,}6''$) и BS 4619 ($6{,}4^m$, B9V, $216{,}6''$).
ι	
μ	Перем. типа γ Cas, $A = 0{,}55^m$.
κ	
λ	
ν	Вероятно, перем. типа β Cep и одновременно затменная, $P = 0{,}175^d$, $A = 0{,}02^m$.
φ	
τ	
υ^1	
d	Физ. дв. $a = 0{,}165''$, $P = 78{,}7^a$.
π	Физ. дв. $a = 0{,}277''$, $P = 39{,}18^a$.
σ	V_r изменяется от -24 до $+7$ км/с.
ρ	
b	
c^1	
ψ	
4522	
g	Красная полуправ. перем., $A = 0{,}10^m$.
l	Сп.-дв. $9{,}94^d$.
ξ^2	Сп.-дв. $7{,}65^d$; сп. $9{,}4^m$, $25''$, общ. μ.
n	
e	
υ^2	Сп.-дв. 1025^d.
j	
v	
χ	Считалась пульсирующей B-звездой с амплитудой $0{,}02^m$, нуждается в подтверждении.
5378	Перем. типа SX Ari (разновидность звезд типа α^2 CVn), период $8{,}817^d$, $A = 0{,}05^m$.
4546	
4618	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}03^m B$. Общ. μ с δ Cen и BS 4619 ($368''$).

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Киль									
α		2326	45 348	30 438		104,96°	−75,82°	261,21°	−25,29°
β		3685	80 007	45 238		211,97	−72,24	285,98	−14,41
ε		3307	71 129	41 037	4 058	173,13	−72,68	274,29	−12,60
ι		3699	80 404	45 556	4 444	185,33	−67,12	278,46	−07,01
θ		4199	93 030	52 419		209,19	−62,14	289,60	−04,90
υ		3890	85 123	48 002		202,89	−67,50	285,04	−08,82
p		4140	91 465	51 576	PP Car	203,06	−61,45	287,18	−03,15
ω		4037	89 080	50 099		217,44	−67,38	290,16	−11,18
q		4050	89 388	50 371	V337 Car	200,08	−62,60	285,48	−03,80
a		3659	79 351	45 080	V357 Car	183,41	−67,53	277,69	−07,37
χ		3117	65 575	38 827	χ Car	150,73	−70,33	266,68	−12,32
l		3884	84 810	47 854	1 Car	197,07	−66,31	283,20	−07,00
u		4257	94 510	53 253	5 011	202,44	−57,57	288,18	00,60
s		4114	90 853	51 232	4 869	197,85	−59,89	285,22	−00,90
x		4337	96 918	54 463	V382 Car	205,13	−56,29	290,01	01,29
c		3571	76 728	43 783		183,69	−70,14	277,65	−09,98
i		3663	79 447	45 101	18 151	190,86	−69,48	280,22	−09,61
l		4102	90 589	50 954	4 856	228,08	−67,88	293,16	−14,02
h		3825	83 183	46 974		188,74	−65,37	280,02	−05,43
d		3457	74 375	42 568	V343 Car	178,32	−71,04	275,82	−10,86
g		3696	80 230	45 496	4 440	181,83	−66,07	277,12	−05,89
N		2435	47 306	31 407		111,83	−75,75	261,93	−23,73
A		2554	50 337	32 761	V415 Car	121,23	−75,71	263,24	−21,76
r		4159	91 942	51 849	4 904	197,57	−58,33	285,49	00,64
G		3643	78 791	44 599		221,32	−73,28	287,83	−16,77
f		3498	75 311	43 105	V344 Car	173,30	−68,48	273,90	−08,41
η		4210	93 308	—	η Car	202,13	−58,93	287,60	−00,63
Кит									
β	16	188	4 128	3 419	272	2,58	−20,78	111,31	−80,68
α	92	911	18 884	14 135	α Cet	44,32	−12,59	173,32	−45,59
o	68	681	14 386	10 826	o Cet	31,52	−15,94	167,75	−57,98
η	31	334	6 805	5 364		11,77	−16,12	137,15	−72,58
γ	86	804	16 970	12 706		39,43	−12,00	168,92	−49,38
τ	52	509	10 700	8 102	15 373	17,82	−24,82	173,19	−73,43
ι	8	74	1 522	1 562	123	0,92	−10,02	98,98	−70,19
θ	45	402	8 512	6 537		16,23	−15,77	146,59	−69,54
ζ	55	539	11 353	8 645	638	21,95	−20,33	165,88	−68,05
υ	59	585	12 274	9 347		19,43	−31,03	195,47	−73,25
δ	82	779	16 582	12 387	δ Cet	37,57	−14,46	170,76	−52,21
π	89	811	17 081	12 770		33,76	−28,25	191,81	−60,57
μ	87	813	17 094	12 828	909	41,94	−05,57	163,25	−43,70
ξ^2	73	718	15 318	11 484		37,47	−05,86	159,69	−47,39
ξ^1	65	649	13 611	10 324	749	34,04	−04,27	154,55	−48,95
7	7	48	1 038	1 170	AE Cet	355,54	−18,77	75,11	−78,23

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Carina, Car)
α	Канопус.
β	Миаплацидус.
ε	Авиор.
ι	
θ	
υ	Сп. — общ. μ.
p	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}10^m$.
ω	
q	Красная непр. перем., $A = 0{,}08^m$.
a	Сп.-дв. $6{,}74^d$. Вероятно, затменная, $A = 0{,}03^m$.
χ	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}101^d$, $A = 0{,}02^m$.
l	Классическая цефеида, $P = 35{,}54^d$, $A = 0{,}90^m$.
u	
s	
x	Возможно, переменный G-сверхгигант, $A \leqslant 0{,}18^m$.
c	
i	
l	
h	
d	Сп.-дв. Вероятно, перем. типа β Cep, $A = 0{,}04^m B$.
g	
N	
A	Затменная типа Алголя, $P = 195{,}0^d$, $A = 0{,}06^m$.
r	
G	
Γ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}11^m$.
η	Новоподобная (N Car 1843, макс. $-0{,}8^m$) с минимум. 8^m. Может вспыхнуть вновь!
	(Cetus, Cet)
β	Дифда (или Денеб Каитос).
α	Менкар. Красная непр. перем., $A = 0{,}09^m$.
o	Мира. Прототип мирид, $P = 332^d$, макс. $A \geqslant 8^m$. Физ. сп. C = YZ Cet — новоподобная пекул. зв. Ne; еще опт. сп. 13^m, $75''$.
η	
γ	Каффалидма.
τ	Опт. сп.
ι	Денеб аль Шемали. AB: $3{,}55^m$, $12{,}9^m$, $63{,}4''$.
θ	
ζ	Батен Каитос. Сп.-дв. 1652^d.
υ	
δ	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}161^d$, $A = 0{,}05^m$. Сп.-дв. $0{,}15^d$.
π	
μ	
ξ^2	
ξ^1	
7	Красная непр. перем., $A = 0{,}20^m$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Козерог									
δ	49	8322	207 098	107 556	δ Cap	323,54°	−02,60°	37,60°	−46,01°
β	9	7776	193 495	100 345	25 105	304,05	04,59	29,15	−26,37
α^2	6	7754	192 947	100 064	25 080	303,86	06,93	31,10	−24,81
γ	40	8278	206 088	106 985		321,79	−02,56	36,00	−44,67
ζ	34	8204	204 075	105 881	25 596	316,94	−06,99	26,98	−43,59
θ	23	8075	200 761	104 139		313,84	−00,59	31,31	−37,29
ω	18	7980	198 542	102 978	13 351	307,96	−08,96	18,46	−37,18
ψ	16	7936	197 692	102 485		307,16	−07,03	20,01	−35,50
ι	32	8167	203 387	105 515	ι Cap	317,68	−01,37	33,62	−40,77
α^1	5	7747	192 876	100 027	25 076	303,77	06,99	31,09	−24,70
A	24	8080	200 914	104 234	25 465	311,84	−08,10	21,98	−40,01
b	36	8213	204 381	106 039		317,58	−06,57	27,97	−43,87
Компас									
α		3468	74 575	42 828	4 220	146,50	−48,92	254,99	05,77
β		3438	74 006	42 515		146,80	−51,16	256,24	03,90
γ		3518	75 691	43 409		145,47	−43,29	251,57	10,33
Корма									
ζ		3165	66 811	39 429	ζ Pup	138,55	−58,35	255,98	−04,71
π		2773	56 855	35 264	π Pup	120,30	−58,53	249,01	−11,28
ρ	15	3185	67 523	39 757	ρ Pup	131,39	−43,27	243,15	04,40
τ		2553	50 310	32 768		117,73	−72,85	260,16	−20,86
ν		2451	47 670	31 685	3 062	107,15	−66,07	251,94	−20,54
σ		2878	59 717	36 377	σ Pup	128,69	−63,77	255,74	−11,91
ξ	7	3045	63 700	38 170	17 618	126,04	−44,94	241,46	00,57
c		3017	63 032	37 819	3 723	130,89	−57,73	252,39	−06,74
α		3080	64 440	38 414		135,08	−59,70	255,35	−06,86
κ^{AB}		2948/9	61 555/6	37 229	3 673	123,45	−47,41	241,96	−02,44
3	3	2996	62 623	37 677	17 577	125,88	−49,21	244,38	−02,54
p		3055	63 922	38 164		139,07	−65,23	260,18	−10,19
e	11	3102	65 228	38 835		127,64	−42,58	240,64	03,07
J		3090	64 760	38 518	17 653	142,49	−66,46	262,06	−10,42
16	16	3192	67 797	39 906		129,96	−38,32	239,04	07,40
V		3129	65 818	38 957	V Pup	145,70	−67,06	263,48	−10,28
h^1		3225	68 553	40 091	NS Pup	140,84	−57,40	256,45	−03,24
h^2		3243	69 142	40 326		142,28	−57,86	257,35	−03,21
q		3270	70 060	40 706		141,09	−54,13	254,78	−00,42
2906		2906	60 532	36 795		120,47	−43,28	237,50	−01,19
o		3034	63 462	38 070	o Pup	126,06	−46,05	242,25	−00,21
l		2740	55 892	34 834	QW Pup	124,74	−68,02	257,72	−16,02
b		3084	64 503	38 455	QZ Pup	134,02	−58,08	253,90	−05,93

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Capricornus, Cap)
δ	Денеб Алгеди. Затменная типа Алголя, $P = 1{,}023^d$, $A = 0{,}24^m$. Сп. B: $15{,}8^m$, $69''$.
β	Дабих. A: физ. тройная: c = $7{,}2^m$, B8V, $0{,}05''$, 1374^d и b = $0{,}0015''$, $8{,}68^d$. Общ. μ с B: $6{,}2^m$, $205''$ и C: 9^m, $227''$.
α^2	Алгеди. Опт. сп. BC на расст. $7''$ состоит из двух физ. комп. $11{,}2^m$, $11{,}5^m$, $1{,}2''$. Сп. D: $9{,}5^m$, $155''$ и E: $4{,}2^m$, $378''$.
γ	Нашира.
ζ	
θ	
ω	
ψ	
ι	Пятенная перем. в двойной системе, $P = 68{,}0^d$, $A = 0{,}03^m$.
α'	Сп. B: 14^m, $44{,}3''$; на расст. $45{,}4''$ сп. C. CD: $9{,}6^m$, $14{,}2^m$, $29{,}3''$.
A	
b	
	(Pyxis, Pyx)
α	
β	
γ	
	(Puppis, Pup)
ζ	Наос. Переменность, вероятно, связана с вращением запятненной звезды, $P = 2{,}563^d$, $A = 0{,}06^m$ Hip.
π	Вероятная полуправ. перем., $A = 0{,}07^m$ Hip.
ρ	Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}141^d$, $A = 0{,}19^m$.
τ	Сп.-дв. 1066^d.
ν	
σ	Возможно, эллипсоидальная перем., $P = 261^d$, $A = 0{,}03^m$ Hip. Сп.-дв. 258^d.
ξ	Сп.-дв.
c	
α	Сп.-дв. 2660^d.
$\varkappa^{AB}$	Физ. дв. ADS 6255; A: $4{,}50^m$, B: $4{,}62^m$ B5IV, AB: $10''$; опт. сп. 13^m, $8{,}6''$.
3	Сп.-дв. 138^d.
p	
e	
J	
16	
V	Затменная типа β Lyr, $P = 1{,}454^d$. $A = 0{,}57^m$. Спутники B: $11{,}5^m$, $6{,}8''$; C: $13{,}2^m$, $19{,}0''$; DE: 10^m, 13^m. $10{,}6''$.
h^1	Красная непр. перем., $A = 0{,}1^m$.
h^2	Сп.-дв. 930^d.
q	
2906	
o	Вероятно, перем. Be-звезда, $A = 0{,}03^m$ Hip.
l	Перем. типа α^2 CVn. $P = 0{,}936^d$, $A = 0{,}03^m$.
b	Эллипсоидальная перем., $P = 1{,}112^d$, $A = 0{,}07^m$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Лебедь									
α	50	7924	197 345	102 098	α Cyg	335,33°	59,91°	84,28°	02,00°
γ	37	7796	194 093	100 453	13 048	324,84	57,12	78,15	01,87
ε	53	7949	197 989	102 488		327,75	49,42	75,94	−05,71
δ	18	7528	186 882	97 165	12 381	316,25	64,41	78,71	10,24
β^1	6	7417	183 912	95 947	12 105	301,25	48,97	62,11	04,57
ζ	64	8115	202 109	104 732		333,04	43,69	76,75	−12,45
τ	65	8130	202 444	104 887	τ Cyg	338,61	50,55	82,85	−07,43
ξ	62	8079	200 905	104 060	13 518	340,80	56,58	85,93	−02,08
κ	1	7328	181 276	94 779	11 886	314,92	73,80	84,40	17,85
ε^2	10	7420	184 006	95 853		317,97	71,45	83,61	15,45
o^1	31	7735	192 577	99 675	V695 Cyg	328,07	63,60	82,68	06,78
η	21	7615	188 947	98 110	12 586	312,93	54,27	71,02	03,36
ν	58	8028	199 629	103 413		336,14	54,91	82,91	−02,82
o^2	32	7751	192 909	99 848	V1488 Cyg	329,79	64,29	83,67	07,05
41	41	7834	195 295	101 076	13 111	320,71	47,45	70,91	−05,04
ρ	73	8252	205 435	106 481	13 787	350,14	55,19	90,74	−04,58
52	52	7942	197 912	102 453		325,67	46,48	73,30	−07,63
σ	67	8143	202 850	105 102	13 640	340,35	51,49	84,19	−06,87
π^2	81	8335	207 330	107 533		357,18	56,94	94,83	−03,22
χ		7564	187 796	97 629	χ Cyg	309,88	52,60	68,54	03,28
33	33	7740	192 696	99 655	12 935	343,40	71,58	91,08	12,06
υ	66	8146	202 904	105 138	υ Cyg	337,26	47,47	80,98	−10,05
39	39	7806	194 317	100 587		320,03	49,57	71,72	−03,02
$\mu^{1,2}$	78	8309/0	206 826/7	107 310		340,46	39,50	80,58	−18,34
θ	13	7469	185 395	96 441		318,64	69,62	82,66	13,85
Лев									
α	32	3982	87 901	49 669	4 750	149,83	00,46	226,43	48,94
β	94	4534	102 647	57 632	β Leo	171,62	12,27	250,65	70,81
$\gamma^{1,2}$	41	4057/9	89 484	50 583	4 823	149,61	08,81	216,55	54,65
δ	68	4357	97 603	54 872	5 143	161,32	14,33	224,22	66,83
ε	17	3873	84 441	47 908	4 613	140,70	09,72	206,82	48,21
θ	70	4359	97 633	54 879	5 144	163,42	09,67	235,37	64,59
η	30	3975	87 737	49 583	4 738	147,91	04,87	219,53	50,75
ζ	36	4031	89 025	50 335	4 804	147,57	11,86	210,23	54,95
o	14	3852	83 808	47 508		144,25	−03,76	224,60	42,06
ρ	47	4133	91 316	51 624	ρ Leo	156,39	00,15	234,89	52,77
μ	24	3905	85 503	48 455		141,43	12,35	204,05	50,25
ι	78	4399	99 028	55 642	5 184	167,57	06,10	247,60	63,55
σ	77	4386	98 664	55 434		168,71	01,70	253,36	59,90
υ	91	4471	100 920	56 647		175,04	−03,05	267,26	56,80
λ	4	3773	82 308	46 750	4 514	137,87	07,89	206,69	44,86
A	31	3980	87 837	49 637		150,41	−01,42	228,95	47,89
b	60	4300	95 608	53 954	18 592	158,85	12,92	222,61	64,13
κ	1	3731	81 146	46 146	16 265	135,30	10,43	201,76	44,13
φ	74	4368	98 058	55 084		171,48	−07,65	262,66	51,65
54	54	4259	94 601	53 417		155,50	16,50	211,59	63,91

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Cygnus, Cyg)
α	Денеб. Прототип пульсирующих сверхгигантов классов B и A, $A = 0{,}08^m$.
γ	Садр. BC: 10^m, 11^m, 1,8″. Опт. сп. D: $12{,}8^m$, 40,9″ от BC.
ε	Гиенах. A: сп.дв.; B: опт.сп.; C: $13{,}4^m$, M4, 78,1″, общ. μ.
δ	ADS 12880, $2{,}8^m$, $6{,}3^m$, $a = 3{,}2''$, $P = 827{,}6^a$.
β^1	Альбирео.
ζ	
τ	Возможно, перем. типа δ Sct, $P \approx 0{,}1^d$, $A = 0{,}10^m$. AB: физ. дв. $a = 0{,}88''$, $P = 49{,}9^a$. C: $12{,}3^m$, 93″, общ. μ. D: 10^m, 170″.
ξ	Сп.-дв.
$\varkappa$	
ι^2	
o^1	Затменная типа Алголя, $P = 3784^d$, $A = 0{,}16^m$. C: 7^m, A3V, 107″; B: $13{,}3^m$, 36,6″.
η	Сп. D: $10{,}5^m$, 49,7″; B: $12{,}0^m$, K0III, 7,4″.
ν	Сп.-дв.
o^2	Затменная типа Алголя, $P = 1147^d$, $A = 0{,}24^m$. Сп.-дв. 1148^d.
41	
ρ	
52	Сп. физический.
σ	Сп.-дв. 11^d.
π^2	Сп.-дв. 72^d.
χ	Перем. типа Миры Кита, $P = 408^d$, $A \leqslant 11^m$.
33	
υ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}22^m$. A: сп.-дв.; AB: общ. μ.
39	
$\mu^{1,2}$	AB: $4{,}8^m$, $6{,}1^m$, $a = 4{,}28''$, $P = 507{,}5^a$. Сп. C: $11{,}5^m$, 68″; D: $6{,}9^m$, 199″.
θ	Сп. B: 13^m, 3,6″, общ. μ. Сп. C: опт.
	(Leo, Leo)
α	Регул. Сп. B на расст. 178″, общ. μ, состоит из $8{,}1^m$ K2V и 13^m, разд. 2,5″; сп. D на расст. 217″, общ. μ.
β	Денебола. Перем. типа δ Sct, $A = 0{,}03^m$. Сп. B: $15{,}7^m$, 39,7″. Сп. C: $13{,}2^m$, $80{,}3''$.
$\gamma^{1,2}$	Альгиеба. AB: $2{,}22^m$, $3{,}47^m$, $a = 2{,}505''$, $P = 618{,}56^a$. Спутники C: $9{,}6^m$, 260″ и D: 10^m, 333″.
δ	Зосма. Сп. $12{,}1^m$, 95,4″ от A.
ε	
θ	
η	
ζ	
o	Aa: сп.-дв. 14,498^d. Сп. B: $9{,}5^m$, 85,5″.
ρ	Перем. типа α Cyg, $A = 0{,}07^m$.
μ	
ι	Астрометр. и сп.-дв. $a = 1{,}92''$, $P = 192^a$.
σ	
υ	
λ	
A	Астрометр. дв., общ. μ.
h	
$\varkappa$	AB: физ. дв.; сп. C: $10{,}6^m$, 50,6″.
φ	
54	B: сп.-дв.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Летучая Рыба									
β		3347	71878	41312	4088	195,17°	−75.59°	280.26°	−15.84°
γ^2		2736	55865	34481	3448	219,86	−82.62	281,56	−24.04
ζ		3024	63295	37504		225,76	−79.39	284.57	−22,16
δ		2803	57623	35228		199,43	−82.48	279,09	−22.69
α		3615	78045	44382		200.59	−72.20	282,71	−13,00
ε		3223	68520	39794		204.17	−77.78	281,62	−18.56
Лира									
α	3	7001	172167	91262	α Lyr	285,32	61,73	67.44	19,24
γ	14	7178	176437	93194	11624	291,92	55.01	63,32	12,81
β	10	7106	174638	92420	β Lyr	288.88	55,98	63,19	14,78
R	13	7157	175865	92862	R Lyr	295,23	66.18	73,81	17,79
δ^2	12	7139	175588	92791	δ^2 Lyr	291,67	59.32	66,93	15,32
κ	1	6872	168775	89826	10657	277.89	59,37	63,52	21,55
ζ^1	6	7056	173648	91971	11308	288,11	60,34	66,85	17,38
η	20	7298	180163	94481	11839	300,06	60,68	70.62	12,75
θ	21	7314	180809	94713	11873	300,52	59,57	69,90	11,86
ε^2	5	7053/4	173607/8	91926	11301	288,65	62,33	68,79	18,17
ε^1	4	7051/1	173582/3	91919		288,65	62,38	68,85	18,20
Лисичка									
α	6	7405	183439	95771	12069	299,51	45,86	58,99	03,40
23	23	7744	192806	99874		315,36	46,05	67,11	−04,04
Малая Медведица									
α	1	424	8890	11767	α UMi	88,57	66,10	123,28	26,46
β	7	5563	131873	72607	6846	133,32	72,99	112,65	40,50
γ	13	5735	137422	75097	γ UMi	141,60	75,24	108,46	40,84
ε	22	6322	153751	82080	ε UMi	99,14	73,92	115,00	31,05
5	5	5430	127700	70692	6687	128,39	71,45	115,39	39,99
ζ	16	5903	142105	77055	7263	117,40	75,12	112,68	35,66
δ	23	6789	166205	85822		91.20	69.95	119,29	28,24
Малый Конь									
α	8	8131	202447	104987		323.12	20,12	56,38	−28,71
δ	7	8123	202275	104858		324,44	24,73	60,50	−25,65
Малый Лев									
ο	46	4247	94264	53229	4999	150,88	24,93	190.00	63.73
β	31	4100	90537	51233		144,54	25,07	186.28	58,28
21	21	3974	87696	49593	4736	141,01	22,10	189,47	54,26
Малый Пес									
α	10	2943	61421	37279	3672	115.79	−16,02	213,69	13,03
β	3	2845	58715	36188	β CMi	112,19	−13.49	209,52	11,68
γ	4	2854	58972	36284	17480	112.35	−12,82	209.05	12,18
3145		3145	66141	39311	17713	122,24	−17,75	219,07	16,80

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Volans, Vol)
β	
γ^2	Физ. сп. = γ^1 = 5,67^m, F2V, 13,6″; γ^1 — сп.-дв. и перем.?
ζ	Сп. — общ. μ.
δ	
α	
ε	Сп.-дв. 14,17^d.
	(Lyra, Lyr)
α	Вега. Вероятно, родственна перем. типа δ Sct. A ~ 0,02^m. Сп. C: 11^m, 54,4″; сп. E: 9,5^m, 118,5″.
γ	Сулафат. Сп. B: 12^m, 13,4″.
β	Шелиак. Прототип разновидности затменных переменных, P = 12,91^d (сильно меняется). A = 1,11^m.
R	Красная полуправ. перем.. $P \sim 46^d$, $A \approx 1{,}1^m$. Сп.-дв.
δ^2	Красная полуправ. перем., A = 0,11^m.
$\varkappa$	
ζ^1	Сп.-дв. 4,30^d. AD: общ. μ.
η	
θ	
ε^2	Четверная звезда $\varepsilon^{1,2}$ Lyr, состоящая из двух пар (ε^1 и ε^2). CD: 5,14^m, A8Vn и 5,37^m, F0Vn. a = 2,95″, P = 585^a. Сп. 0,189″ от C.
ε^1	AB: 5,06^m, A4V и 6,02^m, F1V, a = 2,78″, P = 1165,6^a. Система AB—CD: 200,9″, общ. μ, взаимный орбит. период ~ 240 тыс. лет.
	(Vulpecula, Vul)
α	
23	
	(Ursa Minor, UMi)
α	Полярная. Классич. цефеида, P = 3,970^d, A = 0,27^m. В 1990-е гг. практич. прекратила пульсации. B: сп.-дв. P_1 = 3,97^d и P_2 = 29,6^a (невидимый сп.).
β	Кохаб.
γ	Феркад. Перем. типа δ Sct, P = 0,143^d, A = 0,05^m.
ε	Затменная типа Алголя, P = 39,48^d, A = 0,04^m.
5	Сп. B: 13,4^m, 21,7″.
ζ	
δ	Йилдун.
	(Equuleus, Equ)
α	Китальфа.
δ	AB: P = 5,7^a.
	(Leo Minor, LMi)
o	
β	Физ. дв. 4,4^m, 6,1^m, a = 0,34″. P = 37,92^a.
21	
	(Canis Minor, CMi)
α	Процион. Сп. (белый карлик) 10,3^m, a = 4,548″, P = 40,65^a.
β	Гомейса. Перем. Be-звезда, A = 0,08^m.
γ	Сп.-дв. 389,0^d. B: 13,2^m, 29,6″; C: 12,3^m, 119,2″.
3145	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Муха									
α		4798	109 668	61 585	α Mus	230,37°	−56,56°	301,66°	−06,30°
β		4844	110 879	62 322		230,15	−55,24	302,45	−05,24
δ		4923	112 985	63 613		236,19	−56,78	303,80	−08,69
λ		4520	102 249	57 363		220,99	−58,51	296,49	−04,68
γ		4773	109 026	61 199	γ Mus	234,02	−58,87	301,46	−09,32
ε		4671	106 849	59 929	ε Mus	226,56	−57,04	299,75	−05,30
Насос									
α		4104	90 610	51 172	4 862	172,44	−37,43	269,88	22,39
ε		3765	82 150	46 515		161,00	−47,35	263,39	10,96
Наугольник									
γ^2		6072	146 686	80 000		252,07	−28,26	333,30	00,01
ε		6115	147 971	80 582		252,87	−25,49	336,00	00,98
Овен									
α	13	617	12 929	9 884	725	37,66	09,97	144,57	−36,20
β	6	553	11 636	8 903	658	33,97	08,49	142,24	−39,68
c	41	838	17 573	13 209	951	48,20	10,45	152,98	−28,61
$\gamma^{1,2}$	5	545/6	11 502/3	8 832	γ Ari	33,18	07,16	142,55	−41,20
δ	57	951	19 787	14 838	1 066	50,85	01,82	162,60	−32,14
999		999	20 644	15 549		55,24	10,30	158,14	−23,46
39	39	824	17 361	13 061		48,37	12,48	151,42	−27,10
Октант									
ν		8254	205 478	107 089	25 707	289,69	−57,78	314,29	−35,19
β		8630	214 846	112 405		288,02	−62,65	308,35	−34,38
δ		5339	124 882	70 638	6 636	259,03	−62,33	305,68	−21,31
Орел									
α	53	7557	187 642	97 649	24 910	301,78	29,30	47,74	−08,91
γ	50	7525	186 791	97 278	24 880	300,94	31,24	48,73	−07,08
ζ	17	7235	177 724	93 747	11 724	289,80	36,19	46,86	03,25
θ	65	7710	191 692	99 473	25 032	304,91	18,73	41,58	−18,08
δ	30	7377	182 640	95 501	12 004	293,64	24,82	39,62	−06,13
λ	16	7236	177 756	93 805		287,33	17,57	30,26	−05,51
β	60	7602	188 512	98 036	12 557	302,42	26,66	46,13	−11,09
η	55	7570	187 929	97 804	η Aql	300,43	21,52	40,93	−13,07
i	12	7193	176 678	93 429	11 655	286,05	16,85	28,98	−04,89
ε	13	7176	176 411	93 244		288,26	37,57	47,30	05,04
71	71	7884	196 574	101 847	13 187	311,72	16,79	44,81	−24,14
ι	41	7447	184 930	96 468	12 201	295,84	20,01	36,99	−10,66
μ	38	7429	184 406	96 229	12 155	296,81	28,66	44,41	−06,01

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Musca, Mus)
α	Перем. типа β Сер. $P = 0.090^{d}$, $A = 0{,}05^{m}$.
β	Физ. сп. $3{,}7^{m}$, $4{,}0^{m}$, $a = 1{,}735''$, $P = 383{,}12$.
δ	Сп.-дв. 847^{d}.
λ	
γ	Пульсирующая B-звезда, $P = 2{,}73^{d}$, $A = 0{,}02^{m}$ Hip.
ε	Красная полуправ. перем., $A = 0{,}32^{m}$.
	(Antlia, Ant)
α	
ε	
	(Norma, Nor)
γ^{2}	
ε	
	(Aries, Ari)
α	Гамаль.
β	Шератан. Сп.-дв. 107^{d}.
c	B: $10{,}8^{m}$, $24{,}6''$; C: $10{,}6^{m}$, $31{,}3''$; A: дв. $0{,}2''$.
$\gamma^{1,2}$	Месартхим. AB: физ. дв. Сп. C: $9{,}6^{m}$, $221{,}3''$.
δ	Ботейн.
999	
39	
	(Octans, Oct)
ν	Астрометр. и сп.-дв. $a = 0{,}052''$, $P = 2{,}84^{a}$.
β	
δ	
	(Aquila, Aql)
α	Альтаир. Сп. C: $10{,}1^{m}$, $247{,}2''$.
γ	Таразед.
ζ	Физ. сп. B: $12{,}0^{m}$, $6{,}5''$; сп. D: 10^{m}, $202''$.
θ	
δ	Астрометр. и сп.-дв. $a = 0{,}058''$, $P = 3{,}422^{a}$.
λ	
β	Альшаин. Физ. сп. B: $11{,}8^{m}$, $12{,}9''$.
η	Классическая цефеида, $P = 7{,}177^{d}$, $A = 0{,}91^{m}$.
i	
ε	
71	Сп.-дв. $205{,}0^{d}$.
ι	
μ	B: 13^{m}, $31{,}2''$; C: 13^{m}, $31{,}0''$; D: $12{,}6^{m}$, $66{,}6''$; Aa: $12{,}9^{m}$, $38{,}4''$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Орион									
β	19	1713	34085	24436	β Ori	76,83°	−31,12°	209,24°	−25,25°
α	58	2061	39801	27989	α Ori	88,75	−16.03	199.79	−08.96
γ	24	1790	35468	25336	1972	80,95	−16,82	196.93	−15,95
ε	46	1903	37128	26311	ε Ori	83.46	−24.51	205.21	−17,24
ζ^{AB}	50	19489	37742	26727	2553	84,68	−25,29	206.45	−16,59
κ	53	2004	38771	27366	2641	86,40	−33,07	214,51	−18,50
δ	34	1852	36486	25930	δ Ori	82,36	−23,55	203,86	−17,74
ι	44	1899	37043	26241		83.00	−29,20	209,52	−19.58
π^3	1	1543	30652	22449	1731	71,92	−15,38	191,45	−23,07
η	28	1788	35411	25281	η Ori	80.16	−25,53	204,87	−20,39
τ	20	1735	34503	24674		77,85	−29.84	208,28	−23,96
λ	39	1879	36861	26207	2240	83,71	−13,37	195.05	−12,00
π^4	3	1552	30836	22549	1742	72,10	−16,77	192,89	−23,52
π^5	8	1567	31237	22797	π^5 Ori	72,49	−20,01	196,27	−24,56
σ	48	1931	37468	26549	16610	84,10	−25,93	206,82	−17,34
o^2	9	1580	31421	22957		74.34	−09,06	186,63	−18,05
φ^2	40	1907	37160	26366		84,13	−14,03	195,84	−11,95
e	29	1784	35369	25247		79.58	−30,92	209,98	−22.98
μ	61	2124	40932	28614	2792	90,60	−13,79	198,68	−06,31
A	32	1839	36267	25813		82,39	−17,30	198.02	−14,94
π^2	2	1544	30739	22509		72,37	−13,48	189,82	−21,83
φ^1	37	1876	36822	26176		83,61	−13,81	195,40	−12,29
χ^1	54	2047	39587	27913	χ^1 Ori	88,68	−03,16	188,46	−02.73
ν	67	2159	41753	29038		91.85	−08,66	194,81	−02,72
ρ	17	1698	33856	24331	1872	77,57	−20,08	198,52	−20,27
π^6	10	1601	31767	23123	1786	73,54	−20,85	197.56	−24,02
ξ	70	2199	42560	29426		92,93	−09,20	195,81	−02,06
2113		2113	40657	28413	2770	90,02	−26,51	209,79	−12,83
Павлин									
α		71790	193924	100751	13060	293,82	−36,27	340,91	−35,19
β		7913	197051	102395		292.49	−45,95	328,96	−36,01
δ		7665	190248	99240	12790	287.61	−44,70	329.79	−32,40
η		6582	160635	86929		267,97	−41,31	328.40	−17,75
ε		7590	188228	98495	12598	283,53	−50,89	322,02	−30,90
ζ		6982	171759	91792		275,12	−48,18	323,49	−24,95
γ		8181	203608	105858	13689	298,61	−46,97	328,14	−40,29
λ		7074	173948	92609	λ Pav	277,80	−39,10	333,61	−23,87
π		6745	165040	88866	10204	271.25	−40,24	330,49	−19.59
ξ		6855	168339	90098	10673	273,52	−38,13	333,29	−20,40
κ		7107	174694	93015	κ Pav	277,62	−44,17	328,29	−25,39

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Orion, Ori)
β	Ригель. Перем. типа α Cyg, $A = 0{,}05^m$. A—BC: общ. μ. BC: физ. дв. $7{,}6^m$, B9V + $7{,}6^m$, B9V; B: сп.-дв. $9{,}86^d$.
α	Бетельгейзе. Красная полуправ. перем., $A = 1{,}3^m$, $P = 2070^d$ и сп.-дв. $5{,}8^a$. Несколько опт. сп. $13–14^m$.
γ	Беллатрикс.
ε	Альнилам. Перем. типа α Cyg, $A \sim 0{,}10^m$.
ζ^{AB}	Альнитак. Сп. C: 10^m, $57{,}6''$.
$\varkappa$	Саиф.
δ	Минтака. Затменная типа Алголя, $P = 5{,}732^d$, $A = 0{,}12^m$. AC: общ. μ.
ι	A: сп.-дв. 29^d.
π^3	Табит.
η	A: алголь (возможно, с пульсир. комп.) $P = 7{,}989^d$, $A = 0{,}29^m$; астром. дв. $a = 0{,}036''$, $P = 9{,}219^a$; сп.-тройная. 8^d, 9, 2^a. Сп. C: $9{,}4^m$, $116''$.
τ	Сп. B: 11^m, $34{,}8''$; C: 12^m, $3{,}7''$ от B.
λ	B: $5{,}6^m$. B0,5V, $4{,}4''$, сп.-дв. и перем.? C: $10{,}7^m$, $28{,}6''$. D: $11{,}2^m$, $78{,}3''$.
π^4	Сп.-дв. $9{,}52^d$.
π^5	Эллипсоидальная перем., $P = 3{,}700^d$, $A = 0{,}07^m$. Сп.-дв. $3{,}7005^d$.
σ	Сп. C: $8{,}8^m$, $11{,}4''$; D: $6{,}7^m$, $12{,}9''$, общ. μ: E: $6{,}7^m$, $41{,}6''$, общ. μ.
o^2	Опт. сп. B: $11{,}3^m$, $36{,}2''$.
φ^2	
e	
μ	AB: $4{,}3^m$, $5{,}9^m$, астрометр. дв. $a = 0{,}276''$, $P = 17{,}5^a$ или $a = 0{,}089''$, $P = 18{,}25^a$. A: сп.-дв. $4{,}45^d$.
A	Астрометр. дв. $a = 1{,}293''$, $P = 586^a$.
π^2	
φ^1	Сп.-дв. $8{,}4^a$.
χ^1	Пятенная перем. в двойной системе, $P \approx 5{,}5^d$, $A = 0{,}03^m$.
ν	Сп.-дв. $131{,}211^d$.
ρ	A: сп.-дв. $1031{,}40^d$.
π^6	
ξ	Си. C: $12{,}3^m$, $4''$.
2113	
	(Pavo, Pav)
α	Пикок. A: сп.-дв. $11{,}753^d$. BC: $9{,}2^m$, $10{,}5^m$, $17{,}6''$.
β	
δ	
η	
ε	
ζ	
γ	
λ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}26^m$.
π	
ξ	AB: общ. μ. A: сп.-дв. 2214^d.
$\varkappa$	Цефеида (неясно, классическая или сферической составляющей), $P = 9{,}094^d$, $A = 0{,}87^m$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Паруса									
γ^2		3207	68 273	39 953	γ^2 Vel	147,35°	−64,46°	262,80°	−07,69°
δ		3485	74 956	42 913	δ Vel	168,95	−67,20	272,08	−07,37
λ		3634	78 647	44 816	λ Vel	161,19	−55,87	265,94	02,82
κ		3734	81 188	45 941		178,89	−63,72	275,88	−03,54
μ		4216	93 497	52 727		190,52	−51,09	283,03	08,57
N		3803	82 668	46 701	N Vel	184,21	−64,24	278,21	−04,11
φ		3940	86 440	48 774		185,95	−59,95	279,35	00,11
ψ		3786	82 434	46 651	4 513	164,74	−51,16	266,78	07,91
o		3447	74 195	42 536	o Vel	164,73	−66,28	270,25	−06,80
c		3614	78 004	44 511		163,82	−59,32	268,20	−00,14
b		3445	74 180	42 570	4 199	156,54	−61,15	265,28	−02,95
p		4167	92 139	51 986		187,39	−51,06	281,06	08,87
q		4023	88 955	50 191		177,00	−48,26	274,33	11,88
a		3487	75 063	43 023		157,50	−60,14	265,38	−01,84
d		3477	74 772	42 884		153,69	−57,36	262,54	00,05
e		3426	73 634	42 312		151,97	−58,26	262,05	−01,14
γ^1		3206	68 243	0	3 930	147,34	−64,48	262,81	−07,70
x		4180	92 449	52 154		195,74	−56,57	284,98	02,59
M		3836	83 446	47 175		174,84	−57,96	273,64	02,12
i		4293	95 370	53 773		187,32	−43,84	281,86	16,05
w		3591	77 258	44 191	4 346	157,04	−54,72	263,33	03,18
I		4074	89 890	50 676	MV Vel	192,80	−58,66	282,99	00,89
Пегас									
ε	8	8308	206 778	107 315	ε Peg	331,88	22,10	65,57	−31,46
β	53	8775	217 906	113 881	β Peg	359,37	31,14	95,74	−29,05
α	54	8781	218 045	113 963	14 417	353,49	19,41	88,28	−40,38
γ	88	39	886	1 067	γ Peg	9,16	12,60	109,43	−46,68
η	44	8650	215 182	112 158	14 285	355,71	35,11	92,50	−24,95
ζ	42	8634	214 923	112 029		346,15	17,68	78,86	−40,66
μ	48	8684	216 131	112 748		354,39	29,39	90,68	−30,56
θ	26	8450	210 418	109 427	14 057	336,83	16,34	67,41	−38,71
ι	24	8430	210 027	109 176	14 034	344,41	34,26	82,26	−24,26
λ	47	8667	215 665	112 440		353,05	28,80	89,26	−31,02
l	l	8173	203 504	105 502		330,31	33,28	70,05	−20,92
$\varkappa$	10	8315	206 901	107 354	25 758	338,93	36,64	78,41	−20,67
ξ	46	8665	215 648	112 447	25 957	347,95	18,40	81,28	−40,39
π	29	8454	210 459	109 410		349,55	40,98	88,06	−18,54
9	9	8313	206 859	107 348	13 864	335,00	29,03	71,98	−26,51
υ	68	8905	220 657	115 623		1,98	24,80	98,55	−35,36
55	55	8795	218 329	114 144	14 428	351,56	13,88	84,62	−45,55

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Vela, Vel)
γ^2	Регор. A: перем. Вольфа—Райе, $A = 0{,}06^m$; сп.-дв. $78{,}5^d$. B = γ^1 Vel; C: $8{,}5^m$, $62{,}3''$; D: $9{,}4^m$, $93{,}5''$.
δ	A: алголь, $P = 45{,}15^d$, $A \approx 0{,}4^m$. Физ. сп. B: $5{,}1^m$, $2{,}6''$; еще сп. (двойная: 11^m, 13^m, $6{,}2''$) на расст. $69''$, общ. μ.
λ	Аль Сухайль. Красная непр. перем., $A = 0{,}16^m$.
$\varkappa$	Сп.-дв. $116{,}65^d$.
μ	
N	Издавна входит в каталоги перем. звезд, однако переменность не подтверждена.
φ	
ψ	Физ. дв. $4{,}1^m$, $4{,}6^m$. $a = 0{,}795''$, $P = 33{,}99^a$; B: перем.?
o	Перем. неясного типа, $A = 0{,}12^m$.
c	
b	
p	Физ. дв. $a = 0{,}34''$, $P = 16{,}30^a$; A: сп.-дв. $10{,}21^d$.
q	
a	
d	
e	
γ^1	Сп.-дв. $1{,}4826^d$.
x	AB: вероятно, общ. μ: BC: $6{,}2^m$, B8V и $12{,}1^m$, $20{,}2''$.
M	
i	
w	Сп.-дв. $74{,}147^d$.
I	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}06^m$. Сп. C: $9{,}5^m$, $36{,}7''$.
	(Pegasus, Peg)
ε	Эниф. Красная непр. перем. A = обычно $0{,}15^m$, но сообщалось о поярчании до $0{,}7^m$ и ослаблении до $3{,}5^m$. B: $12{,}7^m$, $83''$, общ. μ; C — опт. сп.
β	Шеат. Красная непр. перем. $A = 0{,}43^m$.
α	Маркаб.
γ	Альгениб. Перем. типа β Cep, $P = 0{,}152^d$, $A = 0{,}11^m$.
η	Матар. A: сп.-дв. $818{,}0^d$; BC: $\Delta m = 0^m$, $0{,}2''$; D: 14^m, $63''$ от BC; E: 16^m, $5{,}7''$ от D.
ζ	Хомам.
μ	Садалбари.
θ	Бахам.
ι	Сп.-дв. $10{,}213^d$.
λ	
1	Сп. B: 9^m, K0V, общ. μ. Сп. C: 12^m, $75''$.
$\varkappa$	AB: $4{,}7^m$, $5{,}0^m$, $a = 0{,}255''$, $P = 11{,}558^a$; A: сп.-дв. $5{,}97^d$; C: 11^m, $14''$.
ξ	Физ. сп. B: 12^m, $11{,}5''$.
π	
9	
υ	
55	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Персей									
α	33	1017	20 902	15 863	1 125	62,08°	30,13°	146,57°	−05.86°
β	26	936	19 356	14 576	β Per	56,17	22,43	148,98	−14,90
ζ	44	1203	24 398	18 246	1 397	63,12	11,33	162,29	−16,69
ε	45	1220	24 760	18 532	ϵ Per	65,68	19,11	157,35	−10,09
γ	23	915	18 925	14 328	γ Per	60,02	34,53	142,07	−04,34
δ	39	1122	22 928	17 358	δ Per	64,80	27,30	150,28	−05,77
ρ	25	921	19 058	14 354	ρ Per	54,91	20,57	149,60	−17,01
η	15	834	17 506	13 268	15 587	58,70	37,48	139,14	−03.18
ν	41	1135	23 230	17 529	1 261	63,82	22,15	153,83	−09,63
$\varkappa$	27	941	19 476	14 668	1 055	57,69	26,08	147,12	−11,43
o	38	1131	23 180	17 448	o Per	61,14	12,18	160,36	−17,74
τ	18	854	17 878	13 531	τ Per	57,91	34,37	141,02	−05,74
υ	48	1273	25 940	19 343	MX Per	69,50	26,24	153,65	−03,04
ξ	46	1228	24 912	18 614	ξ Per	64,97	14,94	160,37	−13,11
ι		937	19 373	14 632		59,27	30,63	144,58	−07,39
φ		496	10 516	8 068	φ Per	44,59	36,85	131,32	−11,33
θ	13	799	16 895	12 777	902	54,67	31.62	141,16	−09,61
μ	51	1303	26 630	19 812	1 518	70.79	26,71	153,94	−01,82
ψ	37	1087	22 192	16 826	ψ Per	63,75	27,97	149,17	−06,09
16	16	840	17 584	13 254	956	51,84	20,94	147,25	−18,86
e	58	1454	29 094	21 476		73,58	19,01	161,76	−04,03
λ	47	1261	25 642	19 167		69,75	28,89	151,63	−01,32
σ	35	1052	21 552	16 335	1 167	62,61	28,05	148,48	−06,83
Печь									
α		963	20 010	14 879	6 016	34,61	−44,69	224,75	−59,04
β		841	17 652	13 147		26,23	−45,86	231,79	−64,02
Райская Птица									
α		5470	129 078	72 370		254.43	−58,23	308,49	−17,45
γ		6102	147 675	81 065		262,70	−56,01	312,69	−20,51
β		6163	149 324	81 852		262.95	−54,55	314,18	−20,06
Рак									
β	17	3249	69 267	40 526	3 973	124,26	−10,29	214,25	23,05
δ	47	3461	74 442	42 911		128,72	00,08	208,02	32,90
ι	48	3475	74 739	43 103	4 238	126,35	10,43	195,88	36,54
α	65	3572	76 756	44 066	4 327	133,64	−05,08	216,51	33,52

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Perseus, Per)
α	Мирфак.
β	Алголь. Прототип важнейшего класса затменных переменных, $P = 2{,}867^{d}$, $A = 1{,}27^{m}$. Физ. сп. B: $4{,}7^{m}$, $a = 0{,}104''$, $P = 1{,}862^{a}$.
ζ	AB: общ. μ. Сп. C: $11{,}2^{m}$, $32{,}8''$; D: $9{,}9^{m}$, $94{,}2''$; E: $9{,}9^{m}$, $120{,}3''$.
ε	Перем. типа β Cep, $A = 0{,}12^{m}$. Сп. B: сп.-дв. 8^{m}, B8, общ. μ.
γ	A: затменная типа Алголя, $P = 14{,}6$ дет, $A = 0{,}55^{m}$ B: сп.-дв. 5350^{d}.
δ	Вероятно, перем. Be-звезда, $A = 0{,}05^{m}$.
ρ	Красная полуправ. перем., $A \approx 0{,}7^{m}$.
η	AB: общ. μ; спутники C: 9.9^{m}, A0. $67''$, E: $238''$ и D: $10{,}4^{m}$, $5{,}2''$ от C.
ν	
$\varkappa$	Мисам.
o	Атик. A: си.-дв. и эллипсоидальная перем., $P = 4{,}4192^{d}$, $A = 0{,}09^{m}$.
τ	A: затменная типа Алголя, $P = 1515{,}8^{d}$, $A = 0{,}13^{m}$.
υ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}09^{m}$.
ξ	Менкиб. Перем. $A = 0{,}06^{m}$; в ИК-диапазоне сильная переменность, связанная с потерей массы.
ι	
φ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}15^{m}$. Сп.-дв. $126{,}696^{d}$.
θ	B: физ. сп. M3V. C: $9{,}5^{m}$, $77{,}2''$.
μ	A: сп.-дв. $283{,}272^{d}$. Сп. B: $10{,}3^{m}$, $14{,}8''$, общ. μ;
ψ	Перем. Be-звезда, $A = 0{,}11^{m}$.
16	Сп. B: $12{,}8^{m}$, $87{,}5''$.
e	Сп.-дв. $28{,}666^{d}$.
λ	
σ	
	(Fornax, For)
α	Физ. дв. $4{,}0^{m}$, $6{,}6^{m}$, $a = 4{,}367''$, $P = 314^{a}$.
β	
	(Apus, Aps)
α	
γ	
β	
	(Cancer, Cnc)
β	Тарф. Дв. зв., общ. μ.
δ	Опт. сп.
ι	Физ. сп. Обе перем.?
α	Акубенс. Физ. сп. $11{,}8^{m}$, $10{,}9''$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Резец									
α		1502	29875	21770	16147	56,15°	−62,99°	246,15°	−41,49°
Рыбы									
η	99	437	9270	7097	532	26,82	05,38	137,01	−46,43
γ	6	8852	219615	114971		351,45	07,26	82,47	−52,02
$\alpha^{1,2}$	113	596	12447	9487	α Psc	29,38	−09,06	155,35	−55,60
ω	28	9072	224617	118268	14793	2,58	06,36	100,69	−53,74
ι	17	8969	222368	116771	14657	357,64	07,15	92,46	−52,96
o	110	510	10761	8198	615	27,74	−01,62	144,61	−51,43
ε	71	294	6186	4906		17,52	01,09	127,89	−54,87
θ	10	8916	220954	115830	26086	355,19	09,03	88,81	−50,88
30	30	9089	224935	154	YY Psc	358,05	−05,71	91,58	−65,83
δ	63	224	4656	3786		14,15	02,18	121,73	−55,28
ν	106	489	10380	7884		25,51	−04,69	145,12	−55,22
λ	18	8984	222603	116928		356,59	03,42	90,15	−56,61
τ	83	352	7106	5586		28,32	20,74	128,12	−32,58
β	4	8773	217891	113889	14410	348,58	09,05	78,79	−49,61
Рысь									
α	40	3705	80493	45860	4456	131,84	17,96	190,24	44,73
38	38	3690	80081	45688		130,57	20,10	186,81	44,47
10 UMa		3579	76943	44248		125,28	23,71	179,80	41,19
31	31	3275	70272	41075	BN Lyn	117,56	23,11	177,39	34,34
15	15	2560	50522	33449		99,15	35,44	157,77	23,60
2	2	2238	43378	30060	UZ Lyn	93,10	35,62	155,59	19,12
Северная Корона									
α	5	5793	139006	76267	α CrB	222,30	44,32	41,87	53,77
β	3	5747	137909	75695	β CrB	219,12	46,05	45,59	55,61
γ	8	5849	140436	76952	γ CrB	224,87	44,51	41,74	51,92
θ	4	5778	138749	76127	θ CrB	219,45	48,55	49,69	54,71
ε	13	5947	143107	78159		229,12	46,07	43,65	48,78
T CrB		5958	143454	78322	T CrB	230,10	45,27	42,37	48,16
Секстант									
α	15	3981	87887	49641		154,12	−11,12	241,11	42,07

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Caelum, Cae)
α	Дв. зв., общ. μ.
	(Pisces, Psc)
η	
γ	
$\alpha^{1,2}$	Альринна (или Окда). Физ. дв., 4,18^m, 5,21^m, $a = 4{,}0''$, $P = 933{,}05^a$; A: перем. типа α^2 CVn, $P = 0{,}745^d$, $A = 0{,}01^m$.
ω	
ι	
o	
ε	
θ	
30	Красная непр. перем., $A = 0{,}10^m$.
δ	
ν	
λ	
τ	
β	
	(Lynx, Lyn)
α	
38	AB: физ. дв.; B — дв. зв. 0,1''; еще спутники C: 10,8^m, 88'' и D: 10,7^m, 178''.
10 UMa	Физ. дв. 4,1^m и 6,2^m, $a = 0{,}619''$, $P = 21{,}85^a$. Перешла из созв. Б. Медведицы в связи с уточн. границ созвездий, но сохранила традиц. обозн.
31	Вероятно, пятенная перем. в двойной системе, $A = 0{,}06^m$.
15	AB: физ. дв.; Опт. сп. C: 12,4^m, 29,0''; сп. D: 9^m, 197''.
2	Вероятно, затменная с пульсирующим компонентом типа δ Sct, $A = 0{,}30^m$.
	(Corona Boreal)
α	Альфекка (или Гемма). Затменная типа Алголя, $P = 17{,}360^d$, $A = 0{,}11^m$ B. Еще одна система линий в спектре, $P = 2{,}807^d$.
β	Нусакан. Перем. типа α^2 CVn, $P = 18{,}49^d$, $A = 0{,}07^m$. Сп.-дв. 10,496^a.
γ	Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}030^d$, $A = 0{,}06^m$. Физ. дв. 4,1^m, 5,5^m, $a = 0{,}74''$, $P = 91{,}0^a$.
θ	A: перем. типа γ Cas, A $\leqslant$ 0.36^m; B: заполозр. перем. NSV 7135.
ε	Сп. B: 13^m, 2,2'', общ. μ.
T CrB	Повторная Новая 1866 и 1946 гг. Вспышки до 2^m. Между вспышками 10,8^m. Сп.-дв. 227,53^d.
	(Sextans, Sex)
α	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Сетка									
α		1336	27 256	19 780		7,51°	−78,04°	274,32°	−41,65°
β		1175	23 817	17 440		351,39	−76,09	279,24	−43,54
ε		1355	27 442	19 921		19,61	−76,32	270,20	−42,56
γ		1264	25 705	18 744	γ Ret	4,97	−76,54	274,81	−43,21
Скорпион									
α	21	6134	148 478	80 763	α Sco	249,76	−04,57	351,95	15,06
λ	35	6527	158 926	85 927	λ Sco	264,59	−13,79	351,74	−02,21
θ		6553	159 532	86 228	9 233	265,60	−19,65	347,14	−05,98
ε	26	6241	151 680	82 396	7 983	255,33	−11,74	348,82	06,56
δ	7	5953	143 275	78 401	δ Sco	242,57	−01,99	350,10	22,49
κ		6580	160 578	86 670	κ Sco	266,47	−15,64	351,04	−04,72
β^1	8	5984	144 217	78 820	7 424	243,19	01,01	353,19	23,60
υ	34	6508	158 408	85 696		264,01	−14,01	351,27	−01,84
τ	23	6165	149 438	81 266		251,46	−06,12	351,54	12,81
σ	20	6084	147 165	80 112	σ Sco	247,80	−04,04	351,31	17,00
π	6	5944	143 018	78 265	π Sco	242,94	−05,48	347,22	20,23
ι^1		6615	161 471	87 073		267,52	−16,71	350,61	−06,13
μ^1		6247	151 890	82 514	μ^1 Sco	256,16	−15,42	346,12	03,91
G		6630	161 892	87 261		267,92	−13,62	353,50	−04,94
η		6380	155 203	84 143	21 072	260,74	−20,18	344,37	−02,30
μ^2		6252	151 985	82 545		256,25	−15,38	346,20	03,86
ζ^2		6271	152 334	82 729	8 028	257,24	−19,64	343,10	00,79
ρ	5	5928	142 669	78 104	20 445	243,15	−08,60	344,63	18,27
ω^1	9	5993	144 470	78 933		243,67	00,22	352,75	22,77
ν	14	6027	145 502	79 374		244,64	01,63	354,61	22,70
H		6166	149 447	81 304	7 844	252,59	−13,07	346,22	08,09
$\xi^{1,2}$	51	5978/7	144 070/9	78 727		241,31	09,23	0,02	29,42
N		6143	148 703	80 911		251,47	−12,68	345,94	09,22
Q		6546	159 433	86 170	9 205	265,25	−15,29	350,77	−03,53
ω^2	10	5997	144 608	78 990	7 454	243,84	00,05	352,70	22,54
Скульптор									
α		280	5 737	4 577	α Scl	0,49	−32,51	268,05	−87,27
β		8937	221 507	116 231	14 608	337,24	−31,71	355,04	−70,36
γ		8863	219 784	115 102		337,00	−25,69	12,25	−69,25

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Reticulum, Ret)
α	
β	Сп.-дв. 1911,5^{d}.
ε	
γ	Красная полуправ. перем., $A = 0{,}22^{m}$.
	(Scorpius, Sco)
α	Антарес. Красная непр. перем., $A = 0{,}28^{m}$. Физ. сп. — общ. μ.
λ	Шаула. Перем. типа β Cep (возможно, с затмениями), $P = 0{,}214^{d}$, $A = 0{,}06^{m}$. Сп. B: 14,9^{m}, 41,7$''$.
θ	Саргас.
ε	
δ	Джубба. Перем. типа γ Cas, $A = 0{,}46^{m}$.
κ	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}200^{d}$, $A = 0{,}01^{m}$.
β^1	Акраб. A: сп.-дв. 6,8282^{d}. Физ. сп. B: 10,6^{m}, 0,4$''$; C = β^2 Sco: 4,9^{m}, 13,6$''$, общ. μ.
υ	Сп.-дв.
τ	
σ	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}247^{d}$, $A = 0{,}08^{m}$, сп.-дв. 34,23^{d}. Сп. B: 8,4^{m}, 20$''$.
π	Затменная типа β Lyr, $P = 1{,}570^{d}$, $A = 0{,}03^{m}$ Hip. A: сп.-дв. 1,57^{d}; сп. 11,9^{m}, 50,2$''$.
ι^1	
μ^1	Затменная типа β Lyr, $P = 1{,}446^{d}$, $A = 0{,}28^{m}$. C μ^2 Sco (расст. 390$''$) общ. μ.
G	Сп. B: 15^{m}, 26,4$''$.
η	
μ^2	
ζ^2	
ρ	
ω^1	
ν	AC: общ. μ. Сп. B: 6,9^{m}, 0,9$''$. CD: 6,9^{m}, 7,4^{m}, 2$''$. A — тройная: AP = 0,063$''$; Aa = сп.-дв. 5,5521^{d}.
H	
$\xi^{1,2}$	Физ. дв. AB: 4,77^{m}, 5,07^{m}, $a = 0{,}72''$, $P = 45{,}69^{a}$. Физ. сп. C: 7,3^{m}, G7V, 7,6$''$. Общ. μ с EQ: 7,5^{m}, G8V и 8,0^{m}, K0V, 11$''$ на расст. 281$''$.
N	
Q	
υ^2	
	(Sculptor, Scl)
α	Перем. типа SX Ari (разновидность звезд типа α^2 CVn), $P = 21{,}652^{d}$, $A = 0{,}02^{m}$.
β	
γ	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Стрела									
γ	12	7635	189 319	98 337	12 638	307.04°	39.19°	57,97°	−05,21°
δ	7	7536	187 076/7	97 365	δ Sge	303,39	38,91	55,77	−03,38
β	6	7488	185 958	96 837		301,21	38,22	54,10	−02.60
α	5	7479	185 758	96 757		301,07	38,79	54,45	−02,14
Стрелец									
ε	20	6879	169 022	90 185		275,08	−11.05	359,20	−09,81
σ	34	7121	175 191	92 855		282,38	−03,45	9,56	−12,43
ζ	38	7194	176 687	93 506		283,64	−07,18	6,84	−15,35
δ	19	6859	168 454	89 931	24 403	274,58	−06.47	3.00	−07,15
λ	22	6913	169 916	90 496		276,32	−02,14	7.66	−06.52
π	41	7264	178 524	94 141	11 769	286,25	01.44	15,89	−13,29
γ^2	10	6746	165 135	88 635	10 173	271,26	−06,99	0,92	−04,54
η		6832	167 618	89 642	η Sgr	273.63	−13,38	356,44	−09,68
φ	27	7039	173 300	92 041		280,18	−03,95	8.00	−10,77
τ	40	7234	177 716	93 864		284,83	−05,09	9,34	−15,37
ξ^2	37	7150	175 775	93 085		283,45	01,66	14,61	−10,78
o	39	7217	177 241	93 683	11 703	284,99	00,86	14,71	−12,51
μ	13	6812	166 937	89 341	μ Sgr	273,21	02,34	10,00	−01,60
ρ^1	44	7340	181 577	95 168	ρ^1 Sgr	289,45	04,22	20,06	−14,55
α		7348	181 869	95 347		286.64	−18,38	357,71	−23,09
β^1		7337	181 454	95 241		285,78	−22,14	353,61	−23,93
ι		7581	188 114	98 032		292,56	−20,66	357,97	−29,11
β^2		7343	181 623	95 294		285,83	−22,50	353,28	−24,11
θ^1		7623	189 103	98 412	24 951	294,87	−14,39	5,52	−28,47
b^1	59	7604	188 603	98 162	24 941	295,92	−06,32	14,05	−25,56
Телескоп									
α		6897	169 467	90 422		275,07	−22,65	348,67	−15,18
ζ		6905	169 767	90 568		275,24	−25,76	345,82	−16.68
Телец									
α	87	1457	29 139	21 421	α Tau	69,79	−05,47	180,97	−20,25
β	112	1791	35 497	25 428		82,57	05,39	177,99	−03,74
η	25	1165	23 630	17 702	15 775	59,99	04,05	166,67	−23,45
ζ	123	1910	37 202	26 451	ζ Tau	84,78	−02,20	185,69	−05,64
θ^2	78	1412	28 319	20 894	θ^2 Tau	67.96	−05,84	180,35	−22.01
λ	35	1239	25 204	18 724	λ Tau	60,63	−07,96	178,37	−29,38
ε	74	1409	28 305	20 889		68.46	−02,57	177,60	−19,92
o	1	1030	21 120	15 900	1 134	51,16	−09,33	174,12	−38,16
27	27	1178	23 850	17 847	1 345	60,36	03.92	167,01	−23,23
γ	54	1346	27 371	20 205	1 553	65,81	−05,73	179,08	−23,82
17	17	1142	23 302	17 499	15 755	59.41	04,19	166,18	−23,85
ξ	2	1038	21 364	16 083	ξ Tau	51,91	−08,80	174,01	−37,25

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Sagitta, Sge)
γ	
δ	Красная непр. перем., $A = 0{,}08^m$. Сп.-дв. 3720^d.
β	
α	Шам. Сп. B: $13{,}2^m$, $30{,}8''$; сп. C: $14{,}9^m$, $35{,}8''$.
	(Sagittarius, Sgr)
ε	Каус Аустралис.
σ	Нунки.
ζ	Ашелла. Физ. дв. AB: $3{,}2^m$, $3{,}3^m$, $a = 0{,}532''$, $P = 21{,}14^a$. Сп. C: 10^m, $74{,}6''$.
δ	Каус Меридионалис. Сп. B: $14{,}5^m$, $25{,}8''$; сп. C: 15^m, $40''$.
λ	Каус Бореалис.
π	Тройная: $3{,}6^m$, $3{,}6^m$, $0{,}1''$ и сп. $6{,}0^m$ на расст. $0{,}4''$.
γ^2	
η	Красная непр. перем., $A = 0{,}07^m$. B: физ. сп.
φ	
τ	
ξ^2	
o	
μ	A: алголь (с пульсирующим компон.) $P = 180{,}55^d$, $A = 0{,}08^m$. Еще 4 сп. $9{,}5$–$13{,}5^m$ на расст. 17–$50''$.
ρ^1	Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}050^d$, $A = 0{,}04^m$.
α	
β^1	У сп. общ. μ.
ι	
β^2	
θ^1	Сп.-дв. $2{,}1051^d$.
b^1	
	(Telescopium, Tel)
α	
ζ	
	(Taurus, Tau)
α	Альдебаран. Красная непр. перем., $A = 0{,}20^m$. Сп. B: $13{,}6^m$, $31''$; E: $31''$; F: $13{,}6^m$, $271''$.
β	Нат.
η	Альциона. Спутники B: $6{,}3^m$, $117''$; C: $8{,}3^m$, $181''$; D: $8{,}7^m$, $190{,}5''$.
ζ	Затменная (вероятно, с проявл. физич. перем-ти Be-звезды), $P = 132{,}97^d$, $A = 0{,}29^m$. Сп.-дв. $132{,}91^d$.
θ^2	Перем. типа δ Sct (возможно, с затмениями), $P = 0{,}076^d$, $A = 0{,}07^m$. Сп.-дв. $140{,}728^d$. Общ. μ с θ^1.
λ	Затменная типа Алголя, $P = 3{,}953^d$, $A = 0{,}54^m$.
ε	
o	Сп.-дв. $1654{,}9^d$.
27	Атлас. Дв. зв. $3{,}8^m$, $6{,}8^m$, $0{,}4''$.
γ	
17	Электра.
ξ	Вероятно, затменная перем., $A = 0{,}09^m$ Hip.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Телец									
δ^1	61	1373	27 697	20 455	1 582	66,87°	−03,97°	178,01°	−22,01°
θ^1	77	1411	28 307	20 885	16 016	67,95	−05,74	180,26	−21,97
20	20	1149	23 408	17 573	1 279	59,68	04,39	166,17	−23,51
ν	38	1251	25 490	18 907		59,92	−14,45	184,68	−33,06
f	5	1066	21 754	16 369		53,59	−05,92	172,07	−34,32
23	23	1156	23 480	17 608	V971 Tau	59,70	03,96	166,57	−23,75
κ^1	65	1387	27 934	20 635	1 593	68,20	00,63	174,56	−18,48
d	88	1458	29 140	21 402	1 658	68,80	−11,74	186,40	−24,13
c^1	90	1473	29 388	21 589		69,76	−09,50	184,74	−22,24
δ^3	68	1389	27 962	20 648	V776 Tau	67,53	−03,69	178,12	−21,30
υ	69	1392	28 024	20 711	υ Tau	68,50	01,11	174,30	−17,98
μ	49	1320	26 912	19 860		63,58	−12,18	184,21	−28,85
10	10	1101	22 484	16 852		51,95	−18,44	185,12	−41,66
τ	94	1497	29 763	21 881		72,15	00,71	176,64	−15,07
q	19	1145	23 338	17 531	12 64	59,56	04,52	165,98	−23,53
CE	119	1845	36 389	25 945	CE Tau	83,40	−04,69	187,18	−08,07
A^1	37	1256	25 604	19 038		63,46	01,26	171,28	−22,15
71	71	1394	28 052	20 713	V777 Tau	67,37	−06,00	180,18	−22,60
Треугольник									
β	4	622	13 161	10 064	15 447	42,35	20,58	140,55	−25,20
α	2	544	11 443	8 796	α Tri	36,86	16,80	138,64	−31,40
γ	9	664	14 055	10 670		43,52	18,95	142,65	−25,71
Тукан									
α		8502	211 416	110 130		309,67	−45,40	330,22	−47,96
γ		8848	219 571	114 996		320,44	−47,85	324,30	−54,82
ζ		77	1 581	1 599		322,37	−57,72	308,35	−51,90
β^1		126	2 884	2 484		326,59	−57,35	306,78	−54,02
δ		8540	212 581	110 838	14 158	307,17	−49,91	323,87	−45,87
ε		9076	224 686	118 322		318,77	−56,65	311,30	−50,71
Феникс									
α		99	2 261	2 081		345,49	−40,63	320,02	−73,98
β		322	6 595	5 165	400	350,44	−48,20	295,51	−70,20
γ		429	9 053	6 867	γ Phe	358,14	−47,59	280,52	−72,17
ε		25	496	765		339,65	−41,96	324,34	−69,60
ζ		338	6 882	5 348	ζ Phe	342,38	−55,13	297,83	−61,71
κ		100	2 262	2 072		344,52	−41,79	318,42	−72,68
δ		440	9 362	7 083		353,62	−52,58	286,27	−66,75
η		191	4 150	3 405		335,34	−54,46	305,08	−59,63
ψ		555	11 695	8 837	ψ Phe	1,32	−52,57	274,35	−67,22

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Taurus, Tau)
δ^1	Сп.-дв. 529,8^d. Сп. 12,6^m, 109,5″.
θ^1	Общ. μ с θ^2.
20	Майя.
ν	
f	Сп.-дв. 960,0^d.
23	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}492^d$, $A = 0{,}01^m$.
κ^1	Сп. 12^m, 141″; двойной сп. B: 5,3^m, 12,2^m, 107″ на расст. 340″.
d	Сп. — общ. μ; A: сп.дв. 3,5712^d.
c^1	Сп. B: 13,3^m, 44,1″.
δ^3	AB: физ.дв. Сп. 9^m, 80″, общ. μ. Вероятно, перем. типа α^2 CVn, предполагаемый $P = 57{,}25^d$, $A = 0{,}03^m$.
υ	Перем. типа δ Sct, $P = 0.148^d$, $A = 0{,}03^m$. Сп. 12,5^m, 110,2″.
μ	
10	
τ	Сп.-дв. 2,9565^d. Сп. B: 7,14^m, 62,8″.
q	Тайгета. Сп. 8,1^m, 69″.
CE	Красная полуправ. перем., $P = 165^d$, $A = 0{,}31^m$.
A^1	
71	Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}16^d$, $A = 0{,}02^m$. Сп.-дв. 5200^d. Сп. 11^m, 134″.
	(Triangulum, Tri)
β	Сп.-дв. 31,3884^d.
α	Металлах (или Моталлах, или Caput Trianguli). Эллипсоид. перем. $P = 0{,}868^d$, $A = 0{,}01^m$. Сп.-дв. 1,767^d.
γ	
	(Tucana, Tuc)
α	Сп.-дв. 4197,7^d; астрометр. дв. $a = 0{,}049''$, $P = 11{,}5^a$.
γ	
ζ	
β^1	A: сп.-дв. Общ. μ с C = β^2Tuc: физ. дв. (4,8^m, A2V+6,0^m, A7V, $a = 0{,}385''$, $P = 44{,}43^a$). Общ. μ, V_r и p с PQ: 5,8^m, 5,8^m, 0,1″ на расст. 544″. Сп. B13,5^m, 2,4″.
δ	
ε	
	(Phoenix, Phe)
α	Анкаа. Сп.-дв. 3848,83^d; астрометр. дв. $a = 0{,}072''$, $P = 10{,}538^a$.
β	AB: физ. дв. Сп. C: 11,5^m, 57,5″.
γ	Красная непр. перем., $A = 0{,}10^m$. Сп.-дв. 193,79^d.
ε	
ζ	A: алголь, $P = 1{,}670^d$, $A = 0{,}51^m$. Сп. B: 7,0^m, 0,9″. ABC: общ. μ.
κ	
δ	
η	
ψ	Красная полуправ. перем., $A = 0{,}3^m$.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Хамелеон									
α		3318	71 243	40 702		239,30°	−75,41°	289,86°	−21,68°
γ		4174	92 305	51 839	4913	240,42	−68,08	296,28	−17,53
β		4674	106 911	60 000	5532	245,44	−63,59	301,34	−16,54
θ		3340	71 701	40 888		241,07	−75,05	290,46	−21,84
δ^2		4234	93 845	52 633		245,66	−67,79	297,74	−18,96
Цефей									
α	5	8162	203 280	105 199	13 660	12,78	68,91	101,00	09.17
γ	35	8974	222 404	116 727	14 656	60,09	64,67	118,99	15,31
β	8	8238	205 021	106 032	β Cep	35,55	71,15	107,54	14,03
ζ	21	8465	210 745	109 492	ζ Cep	13,96	61,15	103,06	01,67
η	3	7957	198 149	102 422		4,68	71,78	97,86	11,64
ι	32	8694	216 228	112 724		33,24	62,62	111,07	06,18
δ	27	8571	213 306	110 991	δ Cep	17,61	59,54	105,19	00,53
μ		8316	206 936	107 259	μ Cep	9,71	64,19	100,60	04,32
ε	23	8494	211 336	109 857	ε Cep	13,05	59,94	102,86	00,40
θ	2	7850	195 725	101 093		4,86	73,93	97,76	13,80
285		285	5 848	5 372		81,45	65,21	123,24	23,40
ξ	17	8417	209 790	108 917		24,22	65,75	106,15	07,37
ν	10	8334	207 260	107 418	ν Cep	14,35	65,48	102,31	05,93
κ	1	7750	192 907	99 255		63,08	75,49	110,38	22,50
π	33	8819	218 658	114 222		53,55	65,56	116,42	13,84
7955		7955	198 084	102 431		354,59	69,16	94,43	09,06
Циркуль									
α		5463	128 898	71 908	α Cir	242,36	−46,20	314,34	−04,59
β		5670	135 379	74 824		244,31	−38,93	320,89	−01,12
γ		5704	136 415	75 323	γ Cir	245,44	−39,17	321,25	−01,96
Часы									
α		1326	26 967	19 747		45,82	−61,73	246,88	−46,41
868		868	18 242	13 502	R Hor	12,36	−61,40	265,46	−57,38
Чаша									
δ	12	4382	98 430	55 282		176,69	−17,57	272,07	42,51
α	7	4287	95 272	53 740		173,69	−22,72	269,06	37,12
γ	15	4405	99 211	55 705		179,23	−19,67	275,41	40,52
β	11	4343	97 277	54 682		178,55	−25,64	274,78	34,53
Щит									
α	1 Aql	6973	171 443	91 117	11 056	279,02	14,92	23,76	−00,17
β	6 Aql	7063	173 764	92 175		282,38	18,19	28,22	−01,22

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Chamaeleon, Cha)
α γ β θ δ^2	
	(Cepheus, Cep)
α	Альдерамин. Двойной сп. CD: $11{,}1^m$, $11{,}3^m$, $2{,}6''$ на расст. $19{,}9''$ от B.
γ	Альраи.
β	Альфирк. Прототип пульсирующих B-звезд, $P = 0{,}190^d$, $A = 0{,}11^m$.
ζ	Вероятная затменная перем. $A = 0{,}04^m$ Hip.
η	
ι	
δ	Прототип классических цефеид, $P = 5{,}366$, $A = 0{,}89^m$. Сп. B: 13^m, $21''$.
μ	Эракис. Красная полуправ. перем. с наложением нескольких циклов, $A \approx 1{,}7^m$.
ε	Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}041^d$, $A = 0.06^m$.
θ	Сп.-дв. $840{,}6^d$.
285	
ξ	AB: физ. дв. A: сп.-дв. $810{,}9^d$.
ν	Перем. типа α Cyg, $A = 0{,}07^m$.
$\varkappa$	AB: физ. дв. Сп. C: $8{,}4^m$, $173''$.
π	AB: $4{,}6^m$, $6{,}6^m$, $a = 0{,}86''$, $P = 150^a$. A: сп.-дв. $556{,}72^d$.
7955	
	(Circinus, Cir)
α	Перем. типа α^2 CVn с быстрыми осцилляциями, $A = 0{,}03^m$. Физ. дв.
β	
γ	Вероятно, перем. Be-звезда, $A = 0{,}06^m$ Hip. Физ. дв.
	(Horologium, Hor)
α	
868	Перем. типа Миры Кита, $P = 408^d$, $A \leqslant 9{,}6^m$.
	(Crater, Crt)
δ	
α	Алькес.
γ	Физ. дв. — общ. μ.
β	
	(Scutum, Sct)
α	
β	Сп.-дв. 834^d.

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Эридан									
α		472	10 144	7 588	15 353	345,31°	−59,38°	290,84°	−58,79°
β	67	1666	33 111	23 875	1 841	75,28	−27,86	205,34	−25,31
γ	34	1231	25 025	18 543	γ Eri	53,87	−33,20	205,16	−44,47
$\theta^{1,2}$		897/8	18 622/3	13 847	1 002	23,27	−53,74	247,86	−60,74
δ	23	1136	23 249	17 378	δ Eri	50,86	−28,68	198,10	−46,00
υ^4	41	1347	27 376	20 042	15 947	52,50	−53,96	234,67	−45,47
φ		674	14 228	10 602		1,00	−58,99	275,35	−60,82
χ		566	11 937	9 007	671	356,25	−57,02	280,88	−62,67
τ^4	16	1003	20 720	15 474	τ^4 Eri	40,11	−38,51	212,09	−56,00
ε	18	1084	22 049	16 537	ε Eri	48,17	−27,72	195,86	−48,04
υ^2	52	1464	29 291	21 393		59,88	−51,82	231,01	−41,31
η	3	874	18 322	13 701	988	38,75	−24,55	187,15	−55,31
1	53	1481	29 503	21 594		65,25	−36,00	211,32	−35,89
ν	48	1463	29 248	21 444	ν Eri	66,81	−25,12	199,31	−31,38
υ^3	43	1393	28 028	20 535		54,49	−54,54	235,17	−44,23
μ	57	1520	30 211	22 109		69,34	−25,37	200,53	−29,34
o^1	38	1298	26 574	19 587	o^1 Eri	59,43	−27,45	199,32	−38,39
τ^3	11	919	18 978	14 146		34,53	−38,91	213,54	−60,29
ι		794	16 815	12 486		18,77	−51,71	249,30	−64,07
g		1195	24 160	17 874	15 809	41,76	−54,31	237,88	−51,40
τ^6	27	1173	23 754	17 651		47,36	−41,89	217,34	−50,32
$\varkappa$		721	15 371	11 407	15 515	7,94	−57,01	267,12	−62,24
e		1008	20 794	15 510		27,22	−58,11	250,78	−56,11
λ	69	1679	33 328	23 972	λ Eri	75,21	−31,54	209,14	−26,69
τ^5	19	1088	22 203	16 611		44,20	−39,44	213,52	−52,78
54	54	1496	29 755	21 763	DM Eri	64,73	−41,38	217,79	−37,36
ω	61	1560	31 109	22 701		71,05	−27,79	203,75	−28,78
π	26	1162	23 614	17 593	π Eri	50,96	−31,12	201,55	−46,47
o^2	40	1325	26 965	19 849	15 931	60,18	−28,42	200,72	−38,00
τ^1	1	818	17 206	12 843		32,11	−32,75	200,83	−62,53
υ^1	50	1453	29 085	21 248	1 650	59,49	−50,94	229,85	−41,59
Южная Гидра									
β		98	2 151	2 021	161	300,97	−64,79	304,81	−39,77
α		591	12 311	9 236		342,12	−64,24	289,45	−53,76
γ		1208	24 512	17 678	15 811	310,47	−76,76	289,13	−37,80
δ		705	15 008	11 001		329,18	−69,80	291,25	−46,37
ε		806	16 978	12 394		331,91	−71,22	288,96	−45,82

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Eridanus, Eri)
α	Ахернар.
β	Курса.
γ	Заурак. Красная непр. перем., $A = 0{,}08^m$.
$\theta^{1,2}$	Акамар. θ^1 и θ^2 — общ. μ.
δ	Рана. Вероятно, ошибочно внесена в каталог перем. звезд из-за переменности звезды сравнения ε Eri.
υ^4	AB: физ. дв. A: сп.-дв. $5{,}0105^d$.
φ	
χ	Сп. — общ. μ.
τ^4	Красная непр. перем., $A = 0{,}15^m$. AB: физ. дв. Еще 4 сп. $10-11^m$ на расст. $40-160''$.
ε	Переменность, связанная с вращением запятненной звезды, $A \leqslant 0{,}05^m$.
υ^2	
η	
l	
ν	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}178^d$, $A = 0{,}17^m$.
υ^3	
μ	Сп.-дв. $7{,}3589^d$.
o^1	Перем. типа δ Sct, $P = 0{,}082^d$, $A = 0{,}05^m$.
τ^3	
ι	
g	
τ^6	
$\varkappa$	
e	
λ	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}702^d$, $A = 0{,}12^m$.
τ^5	Сп.-дв. $6{,}2236^d$.
54	Красная полуправ. перем., $P = 30^d$, $A = 0{,}08^m$.
ω	Сп.-дв. 3057^d.
π	Красная непр. перем., $A = 0{,}06^m$.
o^2	ABC: общ. μ. BC: $9{,}5^m$ DA4 (белый карлик) $+11{,}2^m$ M4,5V, $a = 6{,}94''$, $P = 252{,}1^a$. A: перем.? C: перем. DY Eri типа UV Cet, вспышки до $2^m U$.
τ^1	
υ^1	
	(Hydrus, Hyi)
β	
α	
γ	
δ	
ε	

Продолжение таблицы 46

*	Fl	BS	HD	HIP	Var	λ	β	l	b
Южная Корона									
α		7254	178 253	94 114		284,13°	−15,31°	359,54°	−19,59°
β		7259	178 345	94 160	24 699	284,06	−16,75	358,14	−20,17
γ^{AB}		7226/7	177 474/5	93 825		283,64	−14,40	0,16	−18,73
Южная Рыба									
α	24	8728	216 956	113 368	14 372	333,86	−21,14	20,49	−64,90
ε	18	8628	214 748	111 954	14 270	331,33	−17,27	25,49	−60,97
δ	23	8720	216 763	113 246		332,19	−23,64	13,69	−64,46
β	17	8576	213 398	111 188		327,18	−21,37	14,59	−59,32
ι	9	8305	206 742	107 380		317,25	−18,34	12,88	−49,55
γ	22	8695	216 336	112 948	14 338	331,33	−23,65	13,06	−63,72
μ	14	8431	210 049	109 285	25 837	322,12	−20,08	13,34	−54,46
Южный Крест									
$\alpha^{1,2}$		4730/1	108 248/9	60 718		221,87	−52,88	300,13	−00,36
β		4853	111 123	62 434	β Cru	221,65	−48,64	302,46	03,18
γ		4763	108 903	61 084	5 672	216,74	−47,83	300,17	05,65
δ		4656	106 490	59 747	δ Cru	215,66	−50,42	298,23	03,79
ε		4700	107 446	60 260	5 568	218,28	−51,21	299,23	02,25
μ^1		4898	112 092	63 003	19 544	220,61	−46,07	303,36	05,69
ζ		4679	106 983	60 009		221,74	−54,16	299,33	−01,36
η		4616	105 211	59 072		220,90	−55,46	298,18	−02,15
θ^1		4599	104 671	58 758		218,78	−54,82	297,53	−00,95
Южный Треугольник									
α		6217	150 798	82 273		260,90	−46,15	321,54	−15,26
β		5897	141 891	77 952		251,84	−41,95	321,85	−07,52
γ		5671	135 382	74 946	7 008	249,39	−48,10	315,71	−09,55
δ		6030	145 544	79 664		254,86	−41,61	323,36	−09,23
ε		5771	138 538	76 440		250,48	−45,29	318,49	−08,57
Ящерица									
α	7	8585	213 558	111 169		8,14	53,29	101,26	−06,60
1	1	8498	211 388	109 937	25 864	354,01	44,40	91,93	−15,59
5	5	8572	213 310	111 022	V412 Lac	5,23	51,41	99,66	−08,65
β	3	8538	212 496	110 538		8,63	55,56	101,26	−04,30
11	11	8632	214 868	111 944		4,62	47,50	99,56	−12,57
8485		8485	211 073	109 754	14 076	354,93	46,30	92,76	−13,75
6	6	8579	213 420	111 104		1,44	47,54	97,36	−12,64

Продолжение таблицы 46

*	Примечание
	(Corona Australis, CrA)
α	
β	
γ^{AB}	Физ. дв. $a = 1{,}907''$, $P = 120{,}42^a$.
	(Piscis Austrinus, PsA)
α	Фомальгаут.
ε	
δ	Сп. — общ. μ.
β	Сп. — общ. μ.
ι	
γ	Физ. сп.
μ	
	(Crux, Cru)
$\alpha^{1,2}$	Акрукс. A: $1{,}4^m$, сп.дв. $75{,}78^d$; B: $1{,}8^m$: AB: $4{,}4''$; C: $4{,}9^m$ B4V, сп.дв. $1{,}2^d$.
β	Бекрукс (или Мимоза). Перем. типа β Cep, $P = 0{,}237^d$, $A = 0{,}08^m$. Сп. B: $11{,}4^m$, $44{,}3''$.
γ	Гакрукс. B: опт. сп.; C: $9{,}5^m$, $155''$.
δ	Перем. типа β Cep, $P = 0{,}151^d$, $A = 0{,}06^m$.
ε	
μ^1	Сп. — общ. μ.
ζ	
η	
θ^1	Сп.-дв. $24{,}4828^d$.
	(Triangulum Australe, TrA)
α	Атриа.
β	
γ	
δ	
ε	
	(Lacerta, Lac)
α	
1	
5	Красная непр. перем., $A = 0{,}17^m$ Hip. Сп.-дв. $41{,}95^a$.
β	
11	
8485	B: опт. сп.; A: астрометр. тройная ($0{,}5''$ и $0{,}1''$) и сп.-дв.; сп. C: $13{,}6^m$, $69{,}8''$.
6	Сп.-дв. 880^d.

Таблица 47

Список звезд ярче 4.52^m в порядке возрастания прямых восхождений

Найдя по координатам (эпоха J2000.0) и блеску (V) обозначение звезды (*), обратитесь к табл. 46, где приведены и другие данные.

α	δ	V	*	α	δ	V	*
h m	° ′			h m	° ′		
00 02,0	−06 01	4,41	30 Psc	36,8	+41 24	4,10	υ And
08,4	+29 05	2,06	α And	37,7	−57 14	0,46	α Eri
09,2	+59 09	2,27	β Cas	38,0	−48 38	3,57	51 And
09,4	−45 45	3,87	ε Phe	41,4	+05 29	4,44	ν Psc
13,2	+15 11	2,84	γ Peg	43,7	+50 41	4,06	φ Per
14,6	−18 56	4,46	7 Cet	44,1	−15 56	3,50	τ Cet
18,3	+36 47	4,52	σ And	45,4	+09 09	4,26	o Psc
19,4	−08 49	3,55	ι Cet	51,5	−10 20	3,72	ζ Cet
20,1	−64 53	4,23	ζ Tuc	53,1	+29 35	3,42	α Tri
25,8	−77 15	2,79	β Hyi	53,5	+19 18	4,04	$\gamma^{1,2}$ Ari
26,2	−43 41	3,93	$\varkappa$ Phe	53,6	−46 18	4,41	ψ Phe
26,3	−42 18	2,38	α Phe	54,3	+63 40	3,37	ε Cas
31,5	−62 58	4,37	β^1 Tuc	54,6	+20 48	2,65	β Ari
33,0	+62 56	4,16	$\varkappa$ Cas	56,0	−51 37	3,70	χ Eri
36,9	+33 43	4,36	π And	02 58,8	−61 34	2,86	α Hyi
37,0	+53 54	3,66	ζ Cas	00,0	−21 05	4,02	υ Cet
38,6	+29 19	4,38	ε And	02,0	−02 46	4,33	α Psc
39,3	+30 52	3,28	δ And	03,4	+72 25	3,98	50 Cas
40,5	+56 32	2,23	α Cas	03,9	+42 20	2,26	ι^1 And
43,4	−57 28	4,36	η Phe	07,2	+23 28	2,01	α Ari
43,6	−17 59	2,01	β Cet	09,5	+34 59	3,00	β Tri
44,7	+48 17	4,50	o Cas	13,0	−08 51	4,35	ξ^1 Cet
47,3	+24 16	4,06	ζ And	16,5	−51 31	3,56	φ Eri
48,7	+07 35	4,44	δ Psc	17,3	+33 51	4,01	γ Tri
49,1	+57 49	3,44	η Cas	19,3	−02 59	3,05	o Cet
56,7	+60 43	2,47	γ Cas	21,8	−68 40	4,09	δ Hyi
56,8	+38 30	3,87	μ And	27,0	−47 42	4,25	$\varkappa$ Eri
57,2	+23 25	4,42	η And	28,2	+08 28	4,30	ξ^2 Cet
58,6	−29 21	4,27	α Scl	31,8	+89 16	2,02	α UMi
01 02,9	+07 53	4,28	ε Psc	39,5	−00 20	4,06	δ Cet
06,1	−46 43	3,30	β Phe	39,6	−68 16	4,11	ε Hyi
08,4	−55 15	3,92	ζ Phe	40,7	−39 51	4,11	ι Eri
08,6	−10 11	3,44	η Cet	43,3	+03 14	3,47	γ Cet
08,7	+86 15	4,26	285 Cep	44,1	−13 52	4,24	π Cet
09,5	+47 15	4,25	φ And	44,2	+49 14	4,13	θ Per
09,7	+35 37	2,05	β And	44,9	+10 07	4,27	μ Cet
11,1	+55 09	4,34	θ Cas	45,1	−18 34	4,46	τ^1 Eri
11,7	+30 05	4,51	τ Psc	47,9	−29 15	4,52	39 Ari
24,0	−08 11	3,59	θ Cet	49,1	−32 24	4,46	β For
25,8	+60 14	2,68	δ Cas	50,0	+27 16	3,62	c Ari
28,4	−43 19	3,41	γ Phe	50,6	+38 19	4,23	16 Per
31,2	−49 04	3,95	δ Phe	50,7	+55 54	3,79	η Per
31,5	+15 21	3,62	η Psc	53,9	−49 53	3,92	868 Hor

Продолжение таблицы 47

α	δ	V	*	α	δ	V	*
h m	° ′			h m	° ′		
54,3	+52 46	3,96	τ Per	03,2	+05 59	3,91	ν Tau
56,4	−08 54	3,87	η Eri	04,7	+22 05	4,37	A^1 Tau
58,3	−40 18	3,00	θ^{1,2} Eri	06,6	+50 21	4,29	λ Per
03 02,3	+04 05	2,53	α Cet	08,7	+47 43	4,03	υ Per
02,4	−23 37	4,09	τ^3 Eri	11,9	−06 50	4,05	o^1 Eri
04,8	+53 30	2,93	γ Per	14,0	−42 18	3,86	α Hor
05,2	+38 50	3,39	ρ Per	14,4	−62 28	3,35	α Ret
08,2	+40 57	2,12	β Per	14,9	+48 25	4,16	μ Per
09,1	+49 37	4,05	ι Per	15,3	−07 39	4,43	o^2 Eri
09,5	+44 51	3,81	κ Per	15,5	+08 54	4,28	μ Tau
11,6	+19 44	4,37	δ Ari	16,0	−51 29	4,25	γ Dor
12,1	−28 59	3,85	α For	16,5	−59 18	4,44	ε Ret
19,5	−21 45	3,70	τ^4 Eri	17,9	−33 48	3,56	υ^4 Eri
19,9	−43 04	4,27	e Eri	19,8	+15 38	3,65	γ Tau
20,3	+29 03	4,47	999 Ari	22,9	+17 33	3,76	δ^1 Tau
24,3	+49 52	1,79	α Per	24,0	−34 01	3,96	υ^2 Eri
24,8	+09 02	3,60	o Tau	25,4	+22 18	4,22	κ^1 Tau
27,2	+09 44	3,75	ξ Tau	25,5	+17 56	4,28	δ^3 Tau
29,1	+59 56	4,22	1035 Cam	26,3	+22 49	4,28	υ Tau
30,6	+48 00	4,38	σ Per	26,3	+15 37	4,50	71 Tau
30,9	+12 56	4,10	f Tau	28,6	+15 58	3,84	θ^1 Tau
32,9	−09 28	3,73	ε Eri	28,6	+19 11	3,54	ε Tau
33,8	−21 38	4,28	τ^5 Eri	28,7	+15 52	3,39	θ^2 Tau
36,5	+48 12	4,23	ψ Per	33,5	−29 46	4,51	υ^1 Eri
36,9	+00 24	4,28	10 Tau	34,0	−55 03	3,27	α Dor
42,9	+47 47	3,01	δ Per	35,6	−30 34	3,82	υ^2 Eri
43,2	−09 46	3,54	δ Eri	35,7	+10 10	4,25	d Tau
44,2	−64 48	3,85	β Ret	35,9	+16 31	0,86	α Tau
44,3	+32 17	3,83	o Per	36,3	−03 21	3,92	ν Eri
44,9	+24 07	3,70	17 Tau	36,7	+41 16	4,26	e Per
45,2	+42 35	3,80	ν Per	38,2	+12 31	4,27	c^1 Tau
45,2	+24 28	4,30	q Tau	38,2	−14 18	3,87	l Eri
45,8	+24 22	3,87	20 Tau	40,4	−19 40	4,30	54 Eri
46,1	−12 06	4,42	π Eri	40,6	−41 52	4,45	α Cae
46,3	+23 57	4,18	23 Tau	42,2	+22 57	4,29	τ Tau
46,8	−23 15	4,23	τ^6 Eri	45,5	−03 15	4,02	μ Eri
47,2	−74 14	3,24	γ Hyi	49,8	+06 58	3,18	π^3 Ori
47,5	+24 06	2,87	η Tau	50,6	+08 54	4,35	π^2 Ori
49,2	+24 03	3,62	27 Tau	51,2	+05 36	3,68	π4 Ori
49,5	−36 12	4,17	g Eri	52,9	−05 27	4,39	ω Eri
49,5	+65 32	4,48	1155 Cam	54,1	+66 21	4,29	α Cam
54,1	+31 53	2,85	ζ Per	54,3	+02 26	3,73	π5 Ori
57,9	+40 01	2,89	ε Per	56,4	+13 31	4,06	o^2 Ori
58,0	−13 31	2,94	γ Eri	57,0	+33 10	2,69	ι Aur
59,0	+35 47	4,04	ξ Per	57,3	+53 45	4,47	7 Cam
04 00,7	+12 29	3,41	λ Tau	58,5	+01 43	4,47	π^6 Ori
00,8	−62 10	4,51	γ Ret	05 02,0	+43 49	2,99	ε Aur

Продолжение таблицы 47

α	δ	V	*	α	δ	V	*
h m	° ′			h m	° ′		
02,5	+41 05	3,75	ζ Aur	56.4	−14 10	3,72	η Lep
03,4	+60 27	4,02	β Cam	57,5	−35 17	4,36	γ Col
05,5	−22 22	3,18	ε Lep	59,1	−42 49	3,96	η Col
06,5	+41 14	3,18	η Aur	59,5	+54 17	3,72	δ Aur
07,8	−05 05	2,79	β Eri	59,5	+44 57	1,90	β Aur
09,1	−08 45	4,27	λ Eri	59,6	+37 13	2,62	θ Aur
12,3	−11 52	4,44	ι Lep	59.9	+45 56	4,25	π Aur
12,9	−16 12	3,29	μ Lep	06 00,1	−03 04	4,52	2113 Ori
13,2	−12 57	4,36	κ Lep	02,4	+09 39	4,12	μ Ori
13,3	+02 52	4,44	ρ Ori	04.1	+23 16	4,15	1 Gem
14,5	−08 12	0,13	β Ori	07,6	+14 46	4,42	ν Ori
16,7	+46 00	0,08	α Aur	11,9	+14 13	4,48	ξ Ori
17,6	−06 51	3,59	τ Ori	14,9	−06 16	3,96	γ Mon
18,2	+33 22	4,54	16 Aur	14,9	+22 30	3,28	η Gem
19,6	−13 11	4,29	λ Lep	15,4	+29 30	4,35	κ Aur
23,9	−07 48	4,12	e Ori	16,6	−35 08	4,37	κ Col
24,5	−02 24	3,35	η Ori	19,6	+59 01	4,48	2 Lyn
25,1	+06 21	1,64	γ Ori	20,3	−30 04	3,02	ζ CMa
26,3	+28 36	1,65	β Tau	22.1	−33 26	3,85	δ Col
28,2	−20 46	2,84	β Lep	22,7	−17 57	1,97	β CMa
30,8	+05 57	4,20	A Ori	23,0	+22 31	2,87	μ Gem
31,2	−35 28	3,87	ε Col	23,8	+04 36	4,44	ε Mon
32,0	−00 18	2,24	δ Ori	24,0	−52 42	-0,72	α Car
32,2	+18 36	4,33	CE Tau	28,2	−32 35	4,48	λ CMa
32,7	−17 49	2,57	α Lep	28,8	−07 02	3.76	β^{ABC} Mon
33,6	−62 29	3,76	β Dor	29,0	+20 13	4,14	ν Gem
34,8	+09 29	4,41	φ^1 Ori	31,9	−23 25	4,33	ξ^1 CMa
35,1	+09 56	3,66	λ Ori	32,9	+07 20	4,50	13 Mon
35,4	−05 55	2,76	ι Ori	35,0	−52 59	4,39	N Car
36,2	−01 12	1,69	ε Ori	36,7	−19 15	3,91	ν^2 CMa
36,9	+09 17	4,09	φ^2 Ori	37,7	+16 24	1,92	γ Gem
37,6	+21 09	3,03	ζ Tau	37,8	−43 12	3,17	ν Pup
38,7	−02 36	3,80	σ Ori	37,9	−18 14	4,42	ν^3 CMa
39,6	−34 04	2,65	α Col	43,9	+25 08	2,98	ε Gem
40,7	−01 57	1,90	ζ^{AB} Ori	44,0	+13 14	4,49	30 Gem
44,5	−22 27	3,60	γ Lep	45,1	−16 43	-1,46	α CMa
44,8	−65 44	4,35	δ Dor	45,3	+12 54	3,36	ξ Gem
47,0	−14 49	3,54	ζ Lep	47,9	+02 25	4,46	18 Mon
47,3	−51 04	3,85	β Pic	48,2	−61 56	3,27	α Pic
47,8	−09 40	2,06	κ Ori	49,8	−32 31	3,89	κ CMa
49,2	+39 11	4,53	τ Aur	49,9	−53 37	4,40	A Car
49,8	−56 10	4,51	γ Pic	49,9	−50 37	2,93	τ Pup
51,0	−35 46	3,12	β Col	52,8	−33 58	3,60	θ Gem
51,3	−20 53	3,85	δ Lep	54,1	−24 11	3,87	o^1 CMa
51,5	+39 09	3,97	ν Aur	54,2	−12 02	4,08	θ CMa
54,4	+20 17	4.41	χ^1 Ori	56,1	−17 03	4,37	ι CMa
55,2	+07 24	0.50	α Ori	57,3	+58 25	4,35	15 Lyn

Продолжение таблицы 47

α	δ	V	*	α	δ	V	*
h m	° ′			h m	° ′		
58,6	−28 58	1,50	ε CMa	08,6	−02 59	4,33	ζ Mon
07 01,7	−27 56	3,43	σ CMa	09,0	−19 15	4,40	16 Pup
03,0	−23 50	3,01	o^2 CMa	09,5	−47 21	4,27	γ^1 Vel
03,7	−15 38	4,11	γ CMa	09,5	−47 20	1,83	γ^2 Vel
04,1	+20 34	3,79	ζ Gem	11,4	−39 37	4,42	h^1 Pup
08,4	−26 24	1,84	δ CMa	14,0	−40 21	4,44	h^2 Pup
08,7	−70 30	3,78	γ^2 Vol	16,5	+09 11	3,54	β Cnc
11,1	+30 15	4,42	τ Gem	18,5	−76 55	4,07	α Cha
11,9	−00 30	4,15	δ Mon	18,6	−36 40	4,45	q Pup
12,6	−46 46	4,49	l Pup	20,6	−77 29	4,35	θ Cha
14,8	−26 46	3,82	ω CMa	22,5	−59 31	1,86	ε Car
16,8	−67 57	3,98	δ Vol	22,8	+43 11	4,25	31 Lyn
17,1	−37 06	2,70	π Pup	25,7	−03 54	3,90	30 Mon Hya
18,1	+16 32	3,58	λ Gem	25,7	−66 08	3,77	β Vol
18,7	−24 57	4,40	τ CMa	30,3	+60 43	3,42	o UMa
20,1	+21 59	3,53	δ Gem	37,6	−42 59	4,14	e Vel
24,1	−29 18	2,44	η CMa	37,7	+05 42	4,17	δ Hya
25,7	+27 48	3,79	ι Gem	38,8	+03 20	4,43	σ Hya
27,2	+08 17	2,89	β CMi	40,1	−35 18	3,98	β Pyx
28,2	+08 56	4,30	γ CMi	40,3	−52 55	3,60	o Vel
29,1	+31 47	4,18	ρ Gem	40,6	−59 46	4,33	d Car
29,2	−43 18	3,25	σ Pup	40,6	−46 39	3,81	b Vel
34,1	−22 18	4,45	2906 Pup	43,2	+03 24	4,30	η Hya
34,6	+31 53	1,58	$\alpha^{1,2}$ Gem	43,6	−33 11	3,68	α Pyx
35,9	+26 54	4,06	υ Gem	44,4	−42 39	4,07	d Vel
38,8	−26 48	4,50	$\varkappa^1$ Pup	44,7	+18 09	3,94	δ Cnc
39,3	+05 14	0,37	α CMi	44,7	−54 43	1,96	δ Vel
41,3	−09 33	3,93	α Mon	46,0	−46 03	3,91	a Vel
41,8	−72 36	3,95	ζ Vol	46,4	−13 33	4,32	D Hya
43,3	+28 53	4,29	σ Gem	46,7	+28 46	4,02	ι Cnc
43,8	−28 57	3,95	3 Pup	46,7	−56 46	4,49	f Car
44,4	+24 24	3,57	ϰ Gem	46,8	+06 25	3,38	ε Hya
45,3	−37 58	3,61	c Pup	48,4	+05 50	4,37	ρ Hya
45,3	+28 02	1,14	β Gem	50,5	−27 43	4,01	γ Pyx
48,1	−25 56	4,49	o Pup	55,0	−60 39	3,84	c Car
49,2	−46 22	4,11	p Pup	55,4	+05 57	3,10	ζ Hya
49,3	−24 52	3,30	ξ Pup	58,5	+11 51	4,26	α Cnc
52,2	−40 35	3,73	α Pup	59,2	+48 03	3,14	ι UMa
52,6	−38 52	4,49	b Pup	09 00,1	−41 15	4,45	w Vel
53,3	−48 06	4,24	J Pup	00,6	+41 47	3,97	10 UMa Lyn
56,7	−52 59	3,47	χ Car	02,4	−66 24	4,00	α Vol
56,9	−22 53	4,20	e Pup	03,6	+47 09	3,60	ϰ UMa
58,2	−49 15	4,41	V Pup	04,2	−47 06	3,75	c Vel
08 02,3	+02 20	4,38	3145 CMi	05,2	−72 36	4,48	G Car
03,6	−40 00	2,25	ζ Pup	08,0	−43 26	2,21	λ Vel
07,5	−24 18	2,81	ρ Pup	08,9	+51 36	4,48	f UMa
07,9	−68 37	4,35	ε Vol	11,0	−58 58	3,45	a Car

Продолжение таблицы 47

α		δ		V	*		α		δ		V	*	
h	m	°	′				h	m	°	′			
	11,3	−62	19	3,98	i	Car		32,0	−61	41	3,32	p	Car
	13,2	−69	43	1,69	β	Car		32,8	+09	18	3,85	ρ	Leo
	14,4	+02	19	3,88	θ	Hya		35,5	−78	36	4,11	γ	Cha
	16,2	−57	32	4,34	g	Car		35,6	−57	33	4,45	r	Car
	17,1	−59	17	2,25	ι	Car		37,3	−48	14	3,84	p	Vel
	18,8	+36	48	3,82	38	Lyn		39,3	−55	36	4,28	x	Vel
	21,1	+34	24	3,14	α	Lyn		43,0	−64	24	2,77	θ	Car
	22,1	−55	01	2,50	$\varkappa$	Vel		45,1	−59	41	>-0,8	η	Car
	24,7	+26	11	4,46	$\varkappa$	Leo		45,8	−80	32	4,46	δ^2	Cha
	27,6	−08	40	1,97	α	Hya		46,8	−49	25	2,69	μ	Vel
	29,2	−35	57	4,51	ε	Ant		49,6	−16	12	3,11	ν	Hya
	30,7	−40	28	3,60	ψ	Vel		53,3	+34	13	3,83	o	LMi
	31,2	−57	02	3,13	N	Vel		53,5	−58	51	3,78	u	Car
	31,5	+63	04	3,67	h	UMa		55,6	−24	45	4,50	54	Leo
	31,7	+22	58	4,31	λ	Leo		59,8	−18	18	4,07	α	Crt
	32,9	+51	41	3,18	θ	UMa	11	00,2	−42	14	4,39	i	Vel
	34,4	−59	14	4,09	h	Car		01,8	+56	23	2,37	β	UMa
	36,8	−49	21	4,35	M	Vel		02,3	+20	11	4,42	b	Leo
	37,1	+81	20	4,30	3751	Dra		03,7	+61	45	1,79	α	UMa
	39,9	−01	09	3,91	ι	Hya		08,6	−58	59	3,83	x	Car
	41,2	+09	54	3,52	o	Leo		09,7	+44	30	3,01	ψ	UMa
	45,2	−62	30	3,69	l	Car		11,7	−22	50	4,48	β	Crt
	45,9	+23	46	2,98	ε	Leo		14,1	+20	31	2,56	δ	Leo
	47,1	−65	04	2,96	υ	Car		14,2	+15	26	3,35	θ	Leo
	51,0	+59	02	3,81	υ	UMa		16,7	−03	39	4,47	φ	Leo
	51,5	−14	51	4,11	υ^1	Hya		18,2	+31	32	4,41	ξ	UMa
	52,8	+26	00	3,88	μ	Leo		18,5	+33	06	3,49	ν	UMa
	56,9	−54	34	3,53	φ	Vel		19,3	−14	47	3,56	δ	Crt
10	07,3	+16	46	3,41	η	Leo		21,0	−54	29	3,90	π	Cen
	07,4	+35	15	4,49	21	LMi		21,1	+06	02	4,05	σ	Leo
	07,9	+10	00	4,38	A	Leo		23,9	+10	32	3,94	ι	Leo
	07,9	−00	22	4,50	α	Sex		24,9	−17	41	4,08	γ	Crt
	08,4	+11	58	1,35	α	Leo		31,4	+69	20	3,85	λ	Dra
	10,6	−12	21	3,61	λ	Hya		33,0	−31	51	3,54	ξ	Hya
	13,7	−70	02	3,33	ω	Car		35,8	−63	01	3,13	λ	Cen
	14,7	−42	07	3,85	q	Vel		36,9	−00	49	4,30	υ	Leo
	16,7	+23	25	3,41	ζ	Leo		45,6	−66	44	3,64	λ	Mus
	17,1	−61	20	3,40	q	Car		45,9	+06	32	4,04	ν	Vir
	17,1	+42	55	3,45	λ	UMa		46,1	+47	47	3,72	χ	UMa
	20,0	+19	51	2,30	$\gamma^{1,2}$	Leo		46,5	−61	11	4,10	522	Cen
	20,9	−56	03	4,50	l	Vel		49,1	+14	34	2,14	β	Leo
	22,3	+41	30	3,05	μ	UMa		49,7	−63	47	4,34	j	Cen
	24,4	−74	02	4,00	l	Car		50,7	+01	46	3,60	β	Vir
	26,1	−16	50	3,79	μ	Hya		51,1	−45	10	4,46	4546	Cen
	27,2	−31	04	4,25	α	Ant		52,9	−33	54	4,28	β	Hya
	27,9	−58	44	3,81	s	Car		53,8	+53	42	2,44	γ	UMa
	27,9	+36	42	4,21	β	LMi	12	03,0	−63	19	4,34	θ^1	Cru

Продолжение таблицы 47

α		δ		V	*		α		δ		V	*	
h	m	°	′				h	m	°	′			
	05,2	+08	44	4,12	o	Vir		25,2	+54	59	4,02	g	UMa
	06,9	−64	37	4,15	η	Cru		29,7	−23	17	4,5v	R	Hya
	08,1	−50	40	4,47	4618	Cen		31,0	−39	24	3,88	d	Cen
	08,4	−50	43	2,60	δ	Cen		34,7	−00	36	3,38	ζ	Vir
	08,4	−24	44	4,02	α	Crv		39,9	−53	28	2,30	ε	Cen
	10,1	−22	37	2,98	ε	Crv		45,7	−33	03	4,23	I	Cen
	11,7	−52	22	3,96	ρ	Cen		47,3	+17	27	4,50	τ	Boo
	15,1	−58	45	2,79	δ	Cru		47,5	+49	19	1,86	η	UMa
	15,4	+57	02	3,31	δ	UMa		49,4	−34	27	4,19	g	Cen
	15,8	−17	33	2,58	γ	Crv		49,5	+15	48	4,07	υ	Boo
	17,6	−67	58	4,02	ε	Mus		49,5	−41	41	3,41	ν	Cen
	18,3	−79	19	4,26	β	Cha		49,6	−42	28	3,04	μ	Cen
	18,4	−64	00	4,05	ζ	Cru		54,7	+18	24	2,68	η	Boo
	19,9	−00	40	3,90	η	Vir		55,5	−47	17	2,55	ζ	Cen
	21,4	−60	24	3,59	ε	Cru		58,3	−42	06	3,83	φ	Cen
	26,6	−63	06	0,8	$\alpha^{1,2}$	Cru		58,7	−44	48	3,87	υ^1	Cen
	26,9	+28	16	4,36	γ	Com	14	01,6	+01	33	4,26	τ	Vir
	28,0	−50	14	3,91	σ	Cen		01,7	−45	36	4,33	υ^2	Cen
	29,9	−16	31	2,94	δ	Crv		03,8	−60	22	0,61	β	Cen
	31,2	−57	07	1,63	γ	Cru		04,4	+64	23	3,65	α	Dra
	32,1	−16	12	4,32	η	Crv		06,0	−41	11	4,36	χ	Cen
	32,5	−72	08	3,88	γ	Mus		06,4	−26	41	3,28	π	Hya
	33,5	+69	47	3,89	$\varkappa$	Dra		06,7	−36	22	2,05	θ	Cen
	33,7	+41	21	4,27	β	CVn		12,9	−10	16	4,21	$\varkappa$	Vir
	34,4	−23	24	2,64	β	Crv		15,7	+19	11	-0,05	α	Boo
	37,2	−69	08	2,70	α	Mus		16,0	−06	00	4,09	ι	Vir
	37,7	−48	32	3,86	τ	Cen		16,4	+46	05	4,18	λ	Boo
	41,5	−48	58	2,17	γ	Cen		19,1	−13	22	4,52	λ	Vir
	41,7	−01	27	2,91	γ^{AB}	Vir		19,4	−46	03	3,55	ι	Lup
	46,3	−68	06	3,06	β	Mus		20,3	−56	23	4,35	v	Cen
	47,7	−59	41	1,25	β	Cru		20,6	−37	53	4,05	ψ	Cen
	53,1	−48	57	4,33	e	Cen		23,0	−39	31	4,42	5378	Cen
	53,4	−40	11	4,27	n	Cen		25,2	+51	51	4,06	θ	Boo
	54,0	+55	58	1,77	ε	UMa		26,2	−45	23	4,35	τ^2	Lup
	54,6	−57	11	4,04	μ^1	Cru		26,9	−83	40	4,32	δ	Oct
	55,6	+03	24	3,38	δ	Vir		27,5	+75	42	4,25	5	UMi
	56,0	+38	19	2,88	α^2	CVn		31,8	+30	22	3,59	ρ	Boo
13	02,2	+10	58	2,79	ε	Vir		32,1	+38	18	3,02	γ	Boo
	02,3	−71	33	3,62	δ	Mus		32,6	−50	27	4,42	σ	Lup
	06,9	−49	54	4,27	ξ^2	Cen		34,7	+29	45	4,47	σ	Boo
	09,9	−05	32	4,38	θ	Vir		35,5	−42	09	2,31	η	Cen
	11,9	+27	53	4,26	β	Com		37,9	−49	26	4,05	ρ	Lup
	18,9	−23	10	3,00	γ	Hya		39,6	−60	50	-0,01	α^1	Cen
	20,6	−36	43	2,73	ι	Cen		39,6	−60	50	1,33	α^2	Cen
	23,9	+54	56	2,27	ζ^A	UMa		41,1	+13	44	4,43	ζ^{AB}	Boo
	23,9	+54	55	3,95	ζ^B	UMa		41,9	−47	23	2,30	α	Lup
	25,2	−11	10	0,97	α	Vir		42,0	−37	48	4,00	b	Cen

Продолжение таблицы 47

α	δ	V	*	α	δ	V	*
h m	° ′			h m	° ′		
42,5	−64 59	3,19	α Cir	46,4	+07 21	4,43	λ Ser
43,1	−05 40	3,88	μ Vir	48,7	+18 08	4,09	κ Ser
43,7	−35 10	4,05	c^1 Cen	49,6	−03 26	3,53	μ Ser
45,0	+27 04	2,70	ε Boo	50,8	+04 29	3,70	ε Ser
46,2	+01 54	3,73	109 Vir	51,0	−33 38	3,95	χ Lup
47,9	−79 03	3,83	α Aps	53,8	−16 44	4,16	θ Lib
50,3	−27 58	4,41	E Hya	55,1	−63 26	2,85	β TrA
50,7	+74 09	2,08	β UMi	56,5	+15 40	3,86	γ Ser
50,9	−16 03	2,75	α^2 Lib	56,9	−29 13	3,86	ρ Sco
51,6	−43 35	4,33	o Lup	57,6	+26 53	4,16	ε CrB
57,2	−04 21	4,49	16 Lib	58,9	−26 07	2,91	π Sco
58,5	−43 08	2,68	β Lup	59,5	+25 55	2,00	T CrB
59,2	−42 06	3,13	κ Cen	16 00,1	−38 24	3,41	η Lup
15 01,9	+40 23	3,52	β Boo	00,3	−22 37	2,32	δ Sco
02,9	+02 05	4,40	110 Vir	01,9	+58 34	4,03	θ Dra
04,1	−25 17	3,21	σ Lib	05,4	−19 48	2,58	β^1 Sco
05,1	−47 03	4,01	π Lup	06,6	−36 48	4,23	θ Lup
08,8	−45 17	4,05	λ Lup	06,8	−20 40	3,97	ω^1 Sco
11,9	−48 44	3,87	κ^1 Lup	07,4	−20 52	4,33	ω^2 Sco
12,3	−52 06	3,41	ζ Lib	08,8	+44 56	4,27	φ Her
15,5	+33 19	3,49	δ Lup	12,0	−19 28	4,01	ν Sco
17,0	−09 23	2,62	β Boo	14,3	−03 42	2,75	δ Oph
17,5	−58 48	4,07	β Lib	15,4	−63 41	3,85	δ TrA
17,8	−30 09	4,33	f Cir	18,3	−04 42	3,23	ε Oph
18,5	−47 53	4,27	μ Lup	19,7	+46 19	3,91	τ Her
18,9	−68 41	2,89	γ Lup	19,8	−50 09	4,02	γ^2 Nor
20,7	+71 50	3,05	γ TrA	21,2	−25 36	2,88	σ Sco
21,3	−40 39	3,22	δ UMi	21,9	+19 09	3,76	γ Her
21,8	−36 16	3,56	ψ^1 Lup	24,0	+61 31	2,74	η Dra
22,7	−44 41	3,37	ε Lup	24,1	−20 02	4,50	ψ Oph
23,4	−59 19	4,51	γ Lup	27,0	−18 27	4,43	χ Oph
24,5	+37 23	4,32	μ Cir	27,2	−47 33	4,47	ε Nor
24,9	+58 58	3,29	ι Boo	29,4	−26 26	0,91	α Sco
27,8	+29 06	3,68	β Dra	30,2	+21 29	2,77	β Her
32,9	+31 22	4,13	θ CrB	30,9	+01 59	3,83	λ Oph
34,7	+26 43	2,24	α CrB	31,1	−16 37	4,27	φ Oph
34,8	+10 32	3,80	δ^{AB} CrB	31,4	−34 42	4,23	N Sco
35,1	−41 10	2,78	γ Ser	32,1	−21 28	4,45	ω Oph
35,5	−14 47	3,91	γ Lup	33,5	−78 54	3,89	γ Aps
36,7	−66 19	4,11	ε Lib	34,1	+42 26	4,20	σ Her
37,0	−28 08	3,57	υ TrA	35,9	−28 13	2,81	τ Sco
38,1	−42 34	4,33	ω Lib	36,4	−35 15	4,16	H Sco
38,7	−29 47	3,65	τ Lup	37,2	−10 34	2,56	ζ Oph
42,7	+26 18	3,85	γ Lib	41,3	+31 36	2,81	ζ Her
44,1	+77 48	4,32	ζ CrB	42,9	+38 55	3,50	η Her
44,3	+06 26	2,65	α UMi	43,1	−77 31	4,24	β Aps
46,2	+15 25	3,67	β Ser	46,0	+82 02	4,23	ε UMi

Продолжение таблицы 47

α		δ		V	*		α		δ		V	*	
h	m	°	′				h	m	°	′			
	48,7	−69	02	1,92	α	TrA		49,9	−37	03	3,21	G	Sco
	49,8	−59	02	3,76	η	Ara		53,5	+56	52	3,75	ξ	Dra
	50,2	−34	18	2,29	ε	Sco		56,3	+37	15	3,88	θ	Her
	51,9	−38	03	3,04	μ^1	Sco		56,6	+51	29	2,22	γ	Dra
	52,3	−38	01	3,57	μ^2	Sco		57,8	+29	15	3,70	ξ	Her
	54,0	+10	10	4,38	ι	Oph		58,5	+30	11	4,41	ν	Her
	54,6	−42	22	3,59	ζ^2	Sco		59,0	−09	46	3,34	ν	Oph
	57,7	+09	23	3,20	κ	Oph	18	00,6	+02	56	3,93	67	Oph
	58,6	−55	59	3,13	ζ	Ara		01,8	+01	18	4,42	68	Oph
	59,6	−53	10	4,06	ε^1	Ara		05,5	+02	30	4,03	p	Oph
17	00,3	+30	56	3,92	ε	Her		05,8	−30	25	2,99	γ^2	Sgr
	08,8	+65	43	3,17	ζ	Dra		06,6	−50	06	3,66	θ	Ara
	10,4	−15	43	2,42	η	Oph		07,3	+09	34	3,73	72	Oph
	12,2	−43	14	3,34	η	Sco		07,5	+28	46	3,83	ο	Her
	14,6	+14	23	3,48	α^1	Her		08,6	−63	40	4,35	π	Pav
	15,0	+24	50	3,13	δ	Her		08,8	+20	49	4,35	102	Her
	15,0	+36	49	3,18	π	Her		13,8	−21	04	3,85	μ	Sgr
	15,3	−26	36	4,34	$36^{1,2}$	Oph		17,6	−36	46	3,11	η	Sgr
	20,8	−12	51	4,31	ν	Ser		19,9	+36	04	4,34	κ	Lyr
	21,0	−21	07	4,38	ξ	Oph		20,8	+71	20	4,22	φ	Dra
	22,0	−25	00	3,26	θ	Oph		21,0	−29	50	2,70	δ	Sgr
	23,7	+37	09	4,52	ρ	Her		21,1	+72	44	3,58	χ	Dra
	25,3	−55	32	2,85	β	Ara		21,3	−02	54	3,25	η	Ser
	25,4	−56	23	3,34	γ	Ara		23,2	−61	30	4,36	ξ	Pav
	26,4	−24	11	4,16	b	Oph		23,7	+21	46	3,84	109	Her
	26,5	+04	08	4,31	σ	Oph		24,2	−34	23	1,85	ε	Sgr
	27,4	−29	52	4,27	d	Oph		27,0	−45	58	3,51	α	Tel
	30,4	+52	18	2,81	β	Dra		28,0	−25	25	2,81	λ	Sgr
	30,7	+26	07	4,41	λ	Her		28,8	−49	04	4,13	ζ	Tel
	30,8	−37	18	2,68	υ	Sco		35,2	−08	15	3,83	α	Sct [1]
	31,1	−60	41	3,62	δ	Ara		36,9	+38	47	0,03	α	Lyr
	31,8	−49	53	2,95	α	Ara		43,0	−71	26	4,01	ζ	Pav
	32,2	+86	35	4,36	δ	UMi		44,3	+39	40	4,68	ε^1	Lyr
	33,6	−37	06	1,63	λ	Sco		44,4	+39	37	4,50	ε^2	Lyr
	34,9	+12	34	2,07	α	Oph		44,8	+37	36	4,36	ζ^1	Lyr
	36,5	−38	38	4,29	Q	Sco		45,7	−26	59	3,16	φ	Sgr
	37,3	−43	00	1,87	θ	Sco		45,7	+20	33	4,19	110	Her
	37,6	−15	24	3,52	ξ	Ser		47,0	+18	11	4,36	111	Her
	39,5	+46	00	3,80	ι	Her		47,2	−04	45	4,22	β	Sct [2]
	41,4	−12	53	4,24	ο	Ser		50,1	+33	22	3,42	β	Lyr
	42,5	−39	02	2,41	κ	Sco		52,2	−62	11	4,22	λ	Pav
	43,5	+04	34	2,78	β	Oph		54,5	+36	54	4,30	δ^2	Lyr
	45,7	−64	43	3,62	η	Pav		55,3	−26	18	2,03	σ	Sgr
	46,5	+27	43	3,42	μ	Her		55,3	+43	57	4,00	R	Lyr
	47,6	−40	08	3,03	ι^1	Sco		56,2	+04	12	4,03	$\theta^{1,2}$	Ser
	47,9	+02	42	3,75	γ	Oph		57,0	−67	14	4,44	κ	Pav

[1] Или 1 Aql. [2] Или 6 Aql.

Продолжение таблицы 47

α		δ		V	*	α		δ		V	*
h	m	°	′			h	m	°	′		
	57,7	−21	06	3,51	ξ^2 Sgr		08,9	+77	43	4,39	κ Cep
	58,9	+32	41	3,24	γ Lyr		11,3	−00	49	3,22	θ Aql
	59,6	+15	04	4,02	ε Aql		13,4	+56	34	4,30	33 Cyg
19	01,7	−05	44	4,02	i Aql		13,6	+46	44	3,80	o^1 Cyg
	02,6	−29	53	2,59	ζ Sgr		15,5	+47	43	3,98	o^2 Cyg
	04,7	−21	45	3,77	o Sgr		15,8	+27	49	4,52	23 Vul
	05,4	+13	52	2,99	ζ Aql		17,6	−12	31	4,27	α^1 Cap
	06,2	−04	53	3,43	λ Aql		18,1	−12	33	3,58	α^2 Cap
	06,4	−37	04	4,21	γ^{AB} CrA		21,0	−14	47	3,08	β Cap
	06,9	−27	40	3,31	τ Sgr		22,2	+40	15	2,23	γ Cyg
	09,4	−37	54	4,11	α CrA		23,9	+32	11	4,44	39 Cyg
	09,8	−21	01	2,88	π Sgr		25,6	−56	44	1,94	α Pav
	10,0	−39	20	4,11	β CrA		29,4	+30	22	4,01	41 Cyg
	12,6	+67	40	3,07	δ Dra		29,6	−63	00	4,22	θ Cep
	13,8	+39	09	4,38	η Lyr		33,2	+11	18	4,04	ε Del
	15,5	+73	21	4,45	τ Dra		37,5	+14	36	3,63	β Del
	16,4	+38	08	4,38	θ Lyr		37,6	−47	17	3,11	α Ind
	17,1	+53	22	3,76	κ Cyg		38,3	−01	06	4,33	71 Aql
	21,7	−17	51	3,93	ρ^1 Sgr		39,6	+15	55	3,77	α Del
	22,6	−44	27	4,01	β^1 Sgr		41,4	+45	17	1,25	α Cyg
	23,2	−44	48	4,29	β^2 Sgr		43,5	+15	04	4,44	δ Del
	23,9	−40	37	3,97	α Sgr		44,0	−51	55	4,51	η Ind
	25,5	+03	07	3,36	δ Aql		45,0	−66	12	3,42	β Pav
	28,7	+24	40	4,45	α Vul		45,3	+61	50	3,43	η Cep
	29,7	+51	44	3,78	ι^2 Cyg		45,4	+57	35	4,52	7955 Cep
	30,7	+27	58	3,14	β^1 Cyg		45,7	+30	43	4,23	52 Cyg
	34,1	+07	23	4,45	μ Aql		46,1	−25	16	4,13	ψ Cap
	36,4	+50	13	4,47	θ Cyg		46,2	+33	58	2,46	ε Cyg
	36,7	−01	17	4,36	ι Aql		46,7	+16	07	4,27	γ^2 Del
	40,1	+18	01	4,38	α Sge		47,7	−09	30	3,77	ε Aqr
	41,0	+17	29	4,38	β Sge		47,7	−05	02	4,44	k Aqr
	45,0	+45	08	2,87	δ Cyg		51,8	−26	55	4,12	ω Cap
	46,3	+10	37	2,72	γ Aql		54,8	−58	27	3,65	β Ind
	47,4	+18	32	3,81	δ Sge		57,2	+41	10	3,94	ν Cyg
	48,2	+70	16	3,84	ε Dra	21	04,9	+43	56	3,73	ξ Cyg
	50,6	+32	55	4,24	χ Cyg		05,9	−17	14	4,07	θ Cap
	50,8	+08	52	0.76	α Aql		07,1	−25	00	4,49	A Cap
	52,5	+01	00	3,90	η Aql		09,6	−11	22	4,52	ν Aqr
	55,3	−41	52	4,13	ι Sgr		12,9	+30	14	3,21	ζ Cyg
	55,3	+06	24	3,72	β Aql		14,5	+10	00	4,49	δ Equ
	56,3	+35	05	3,93	η Cyg		14,8	+38	03	3,73	τ Cyg
	56,9	−27	10	4,50	b^1 Sgr		15,8	+05	15	3,90	α Equ
	58,8	+19	30	3,47	γ Sge		17,4	+39	24	4,24	σ Cyg
	59,7	−35	17	4,37	θ^1 Sgr		17,9	+34	54	4,42	υ Cyg
20	00,6	−72	55	3,96	ε Pav		18,6	+62	35	2,45	α Cep
	02,8	+67	52	4,50	ρ Dra		19,9	−53	27	4,39	θ Ind
	08,7	−66	11	3,56	δ Pav		22,1	−19	48	4,09	I Peg

Продолжение таблицы 47

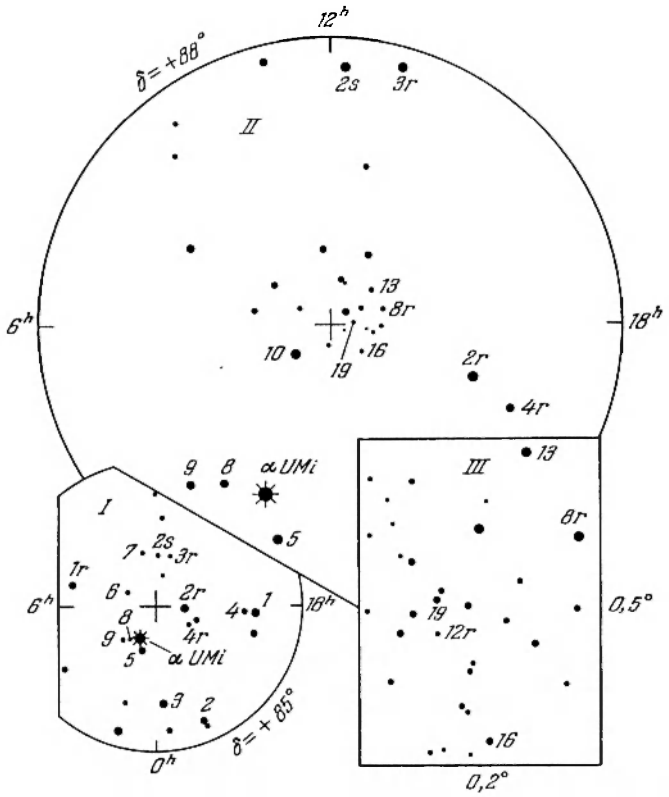
α		δ		V	*	α		δ		V	*
h	m	°	′			h	m	°	′		
	22,2	−16	50	4,27	ι Cap		40,6	−27	03	4,18	ε PsA
	26,4	−65	22	4,22	γ Pav		41,5	+10	50	3,41	ζ Peg
	26,7	−22	25	3,74	ζ Cap		42,7	−46	53	2,11	β Gru
	28,7	+70	34	3,23	β Cep		43,0	+30	13	2,95	η Peg
	28,7	−21	48	4,50	b Cap		46,1	−81	23	4,15	β Oct
	31,6	−05	34	2,89	β Aqr		46,5	+23	34	3,93	λ Peg
	34,0	+45	36	4,02	ρ Cyg		46,7	+12	10	4,19	ξ Peg
	40,1	−16	40	3,67	γ Cap		48,6	−51	19	3,49	ε Gru
	41,5	−77	23	3,76	ν Oct		49,6	−13	36	3,98	τ^2 Aqr
	43,5	+58	47	4,08	μ Cep		49,7	+66	12	3,54	ι Cep
	44,2	+09	53	2,39	ε Peg		50,0	+24	36	3,48	μ Peg
	44,5	+17	21	4,35	9 Peg		52,5	−32	53	4,46	γ PsA
	44,6	+25	39	4,12	κ Peg		52,6	−07	35	3,74	λ Aqr
	44,9	−33	02	4,34	ι PsA		54,6	−15	49	3,28	δ Aqr
	45,4	+61	07	4,29	ν Cep		55,9	−32	32	4,21	δ PsA
	46,8	+49	19	4,24	π^2 Cyg		57,7	−29	37	1,16	α PsA
	47,0	−16	08	2,83	δ Cap	23	00,9	−52	45	4,12	ζ Gru
	53,9	−37	22	3,01	γ Gru		01,9	+42	20	3,62	ο And
	57,9	−55	00	4,40	δ Ind		03,8	+28	05	2,42	β Peg
22	03,8	+64	38	4,29	ξ Cep		03,9	+03	49	4,52	β Psc
	05,8	−00	19	2,94	α Aqr		04,8	+15	12	2,48	α Peg
	06,1	−39	33	4,46	λ Gru		06,7	−23	45	4,48	c^1 Aqr
	06,4	−13	52	4,25	ι Aqr		06,9	−43	31	4,28	θ Gru
	07,0	+25	21	3,76	ι Peg		07,0	+09	25	4,51	55 Peg
	08,2	−46	58	1,71	α Gru		07,9	+75	23	4,42	π Cep
	08,4	−32	59	4,50	μ PsA		09,4	−21	10	3,64	c^2 Aqr
	10,0	+33	11	4,29	π^2 Peg		10,4	−45	15	3,89	ι Gru
	10,2	+06	12	3,55	θ Peg		14,3	−06	03	4,22	φ Aqr
	10,9	+58	12	3,35	ζ Cep		15,9	−09	05	4,25	ψ^1 Aqr
	13,9	+39	43	4,49	8485 Lac		17,2	+03	17	3,70	γ Psc
	15,0	+57	03	4,19	ε Cep		17,4	−58	14	3,99	γ Tuc
	16,0	+37	45	4,15	1 Lac		17,9	−09	11	4,40	ψ^2 Aqr
	16,8	−07	47	4,16	θ Aqr		18,8	−32	32	4,41	γ Scl
	18,5	−60	16	2,86	α Tuc		23,0	−20	06	3,98	b^1 Aqr
	21,7	−01	23	3,84	γ Aqr		25,4	+23	24	4,40	υ Peg
	23,6	+52	14	4,44	β Lac		26,0	−20	39	4,39	b^2 Aqr
	27,3	−64	58	4,48	δ Tuc		28,0	+06	23	4,30	θ Psc
	28,8	−00	01	4,42	$\zeta^{2,1}$ Aqr		33,0	−37	49	4,37	β Scl
	29,2	+58	25	3,75	δ Cep		37,6	+46	28	3,82	λ And
	29,3	−43	30	3,97	δ^1 Gru		38,1	+43	16	4,29	ι And
	29,5	+47	42	4,37	5 Lac		39,3	+77	38	3,21	γ Cep
	29,8	−43	45	4,11	δ^2 Gru		40,0	+05	38	4,13	ι Psc
	30,5	+43	07	4,51	6 Lac		40,4	+44	20	4,14	κ And
	31,3	+50	17	3,77	α Lac		42,0	+01	47	4,51	λ Psc
	31,5	−32	21	4,29	β PsA		42,7	−14	33	4,51	ω^2 Aqr
	35,4	−00	07	4,00	η Aqr		59,3	+06	52	4,01	ω Psc
	40,5	+44	17	4,46	11 Lac		59,9	−65	35	4,50	ε Tuc

Таблица 48

Северный Полярный Ряд

Фотоэлектрические визуальные величины (V), спектры (Sp) и показатели цвета ($B-V$) и ($U-B$) звезд Северного Полярного Ряда (по Джонсону, 1955 г.); r — красные звезды, s — звезды дополнительного списка.

*	V	$B-V$	$U-B$	Sp	*	V	$B-V$	$U-B$	Sp
1	4,36	+0,02	+0,02	A2	13	10,27	+0,34	+0,25	A7
2	5,27	−0,03	−0,11	B9	16	11,20	+0,48	+0,07	–
3	5,58	+0,23	+0,13	F0III	19	12,22	+0,56	+0,13	
4	5,79	+0,25	+0,07	A3p	1r	5,07	+1,63	+1,97	M0III
5	6,49	+0,10	+0,07	A5	2r	6,38	+1,57	+1,79	M1III
6	7,11	+0,18	+0,08	A3	3r	7,49	+1,44	+1,59	K2III
7	7,51	−0,01	−0,07	B9	4r	8,23	+1,06	+1,00	G9III
8	8,08	+0,40	−0,04	F4III	8r	10,40	+1,09	+0,86	—
9	8,81	+0,31	+0,11	F2III	12r	12,50	+1,34	—	–
10	9,06	+0,28	+0,04	A9	2s	6,28	+0,35	−0,01	F2III
					3s	6,39	+0,43	−0,08	F4V



К табл. 48. Карты области Северного Полярного Ряда. *I* — область от Северного полюса до склонения +85°, *II* — до 88°, *III* — область размером 0,2° на 0,5° около Северного полюса

Таблица 49

Яркие члены звездного скопления Плеяды

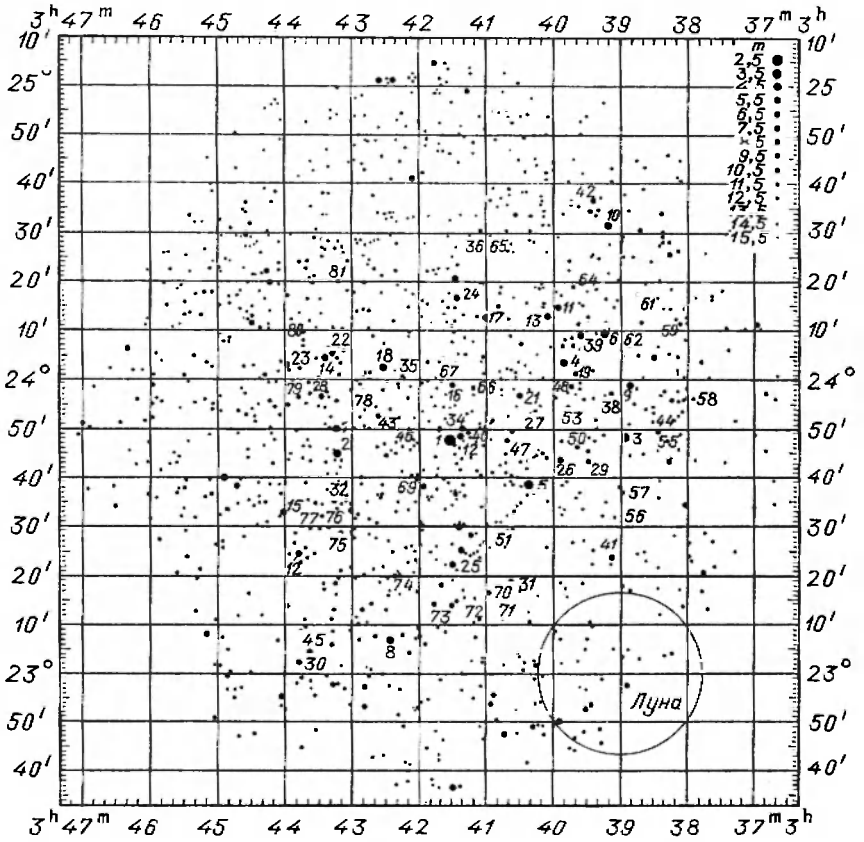
Визуальные звездные величины V, показатели цвета $(B-V)$ и $(U-B)$ (в системе Джонсона и Моргана) по фотоэлектрическим определениям Джонсона и Митчелла (1958 г.) и спектры членов скопления Плеяд

Номера по карте	V	$B-V$	$U-V$	Спектр
1[1]	$2{,}87^m$	$-0{,}09^m$	$-0{,}33^m$	B7III
2[2]	3,64	−0,08	−0,36	B8III
3[3]	3,71	−0,11	−0,41	B6III
4[4]	3,88	−0,07	−0,40	B7III
5[5]	4,18	−0,08	−0,43	B6IV
6[6]	4,31	−0,11	−0,46	B6V
7[7]	5,09	−0,08	−0,28	B8
8	5,45	−0,07	−0,32	B8V
9[8]	5,46	−0,04	−0,33	B7IV
10[9]	5,65	−0,07	−0,36	B8V
11[10]	5,76	−0,04	−0,23	B8V
12	6,16	−0,05	−0,19	B9V
12′	6,29	−0,02	—	A0
13[11]	6,43	−0,02	−0,15	B9V:
14	6,60	−0,03	−0,12	A0
15[12]	6,74	+0,06	—	A0
16	6,81	+0,06	+0,02	B9
17	6,82	+0,02	−0,07	B9V:
18	6,95	+0,12	+0,09	A0
19	7,18	+0,16	+0,08	A0
20	7,26	+0,05	+0,05	A0
21	7,35	+0,10	+0,12	A0
22	7,52	+0,10	+0,11	A1
23	7,54	+0,08	+0,08	A1
24	7,66	+0,12	+0,12	A2
25	7,77	+0,15	+0,12	A1
26	7,85	+0,20	+0,16	A1
27	7,96	+0,32	—	A4
28	7,97	+0,18	+0,13	A2
29	8,04	+0,21	+0,18	A2
30	8,10	+0,22	+0,13	A3
31	8,11	+0,36	+0,28	A0
32	8,12	+0,22	—	A0
33	8,17	+0,27	+0,09	A5
34	8,25	+0,25	—	A3
35	8,27	+0,36	+0,11	A6
36	8,28	+0,36	—	A4
37	8,37	+0,30	+0,08	A4
38	8,58	+0,34	+0,11	A3
39	8,60	+0,35	—	A6
40	8,69	+0,46	—	F5
41	8,95	+0,39	—	F0
42	8,99	+0,44	+0,08	F1
43	9,05	+0,49	—	F6
44	9,07	+0,46	+0,10	F0

Продолжение таблицы 49

Номера по карте	V	$B-V$	$U-V$	Спектр
45	9,10	+0,44	+0,02	F4
46	9,25	+0,55	—	F5
47	9,29	+0,46	+0,03	F4
48	9,45	+0,52	+0,11	F2
49	10,02	+0,56	—	F9
50	10,13	+0,62	—	F9
51	10,20	+0,73	—	G0
52	10,42	+0,64	—	G0
53	10,55	+0,67	—	G0
54	11,34	+0,86	—	F9

[1] 25 η Tau, Альциона, [2] 27 Tau, Атлас, [3] 17 Tau, Электра, [4] 20 Tau, Майя, [5] 23 Tau, Меропа, [6] 19 q Tau, Тайгета, [7] 28 Tau, Плейона — неправильная переменная BU Tau, [8] 16 Tau, Делено, [9] 18 Tau, [10] 21 Tau, Астеропа I, [11] 22 u Tau, Астеропа II, [12] близкий спутник 10^m7.



К табл. 49. Карта звездного скопления Плеяд (координаты 1900 г.). Для сравнения показаны размеры лунного диска. Всего известно 250 членов скопления до 17^m. Все они принадлежат главной последовательности диаграммы спектр—светимость. (Фотографию см. на с. 178)

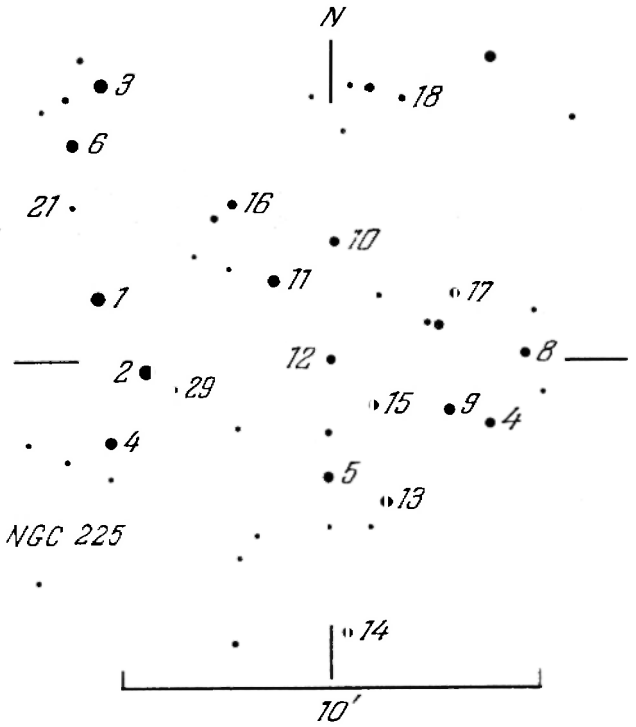
Таблица 50

Фотометрические стандарты в системе *UBV*

(звездные скопления) (по Publ. Nav. Obs. 17, pt. 7, 1961, Washington)

NGC 225 ($0^h40{,}5^m + 61°31'$, 1950), Cas

*	*V*	*B* − *V*	*U* − *B*	*	*V*	*B* − *V*	*U* − *B*
1	$9{,}26^m$	$0{,}16^m$	$-0{,}23^m$	12	$10{,}89^m$	$0{,}23^m$	$0{,}04^m$
2	9,64	0,20	−0,14	13	10,92	0,60	0,06
3	9,67	0,17	−0,15	14	11,02	0,63	0,20
4	9,75	1,65	—	15	11,02	0,94	0,54
5	9,87	0,97	0,39	16	11,42	0,29	0,21
6	9,99	0,15	−0,05	17	11,48	0,35	0,08
8	10,13	0,51	0,44	18	12,04	0,40	0,28
9	10,29	0,52	0,03	21	12,55	1,02	—
10	10,63	0,28	−0,02	29	13,93	0,79	0,33
11	10,67	0,27	0,12				

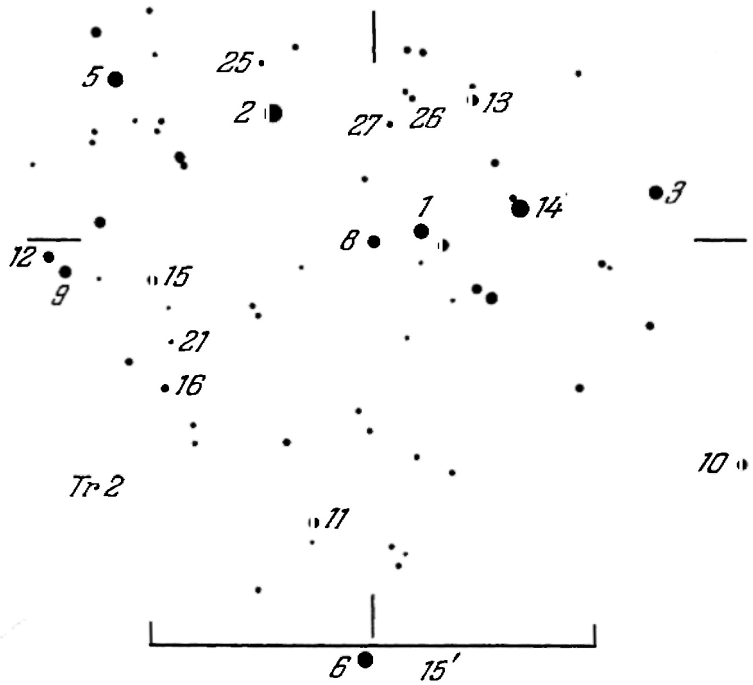


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

Trumpler 2 (2^h33^m, $+55°4'$, 1950), Per

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$7{,}38^m$	$1{,}79^m$	$1{,}90^m$	11	$10{,}52^m$	$0{,}40^m$	—
2	8,45	0,36	0,22	12	10,60	0,31	$0{,}07^m$
3	8,52	0,18	−0,21	13	10,79	0,26	0,06
5	8,60	0,27	−0,13	14	11,25	0,60	0,34
6	8,89	0,21	−0,24	15	11,59	0,48	0,28
8	9,36	0,26	−0,06	16	11,96	0,51	0,29
9	9,74	0,23	−0,13	25	13,50	0,90	0,22
10	10,26	0,21	−0,13	26	13,86	0,69	0,46
				27	14,19	0,43	−0,33

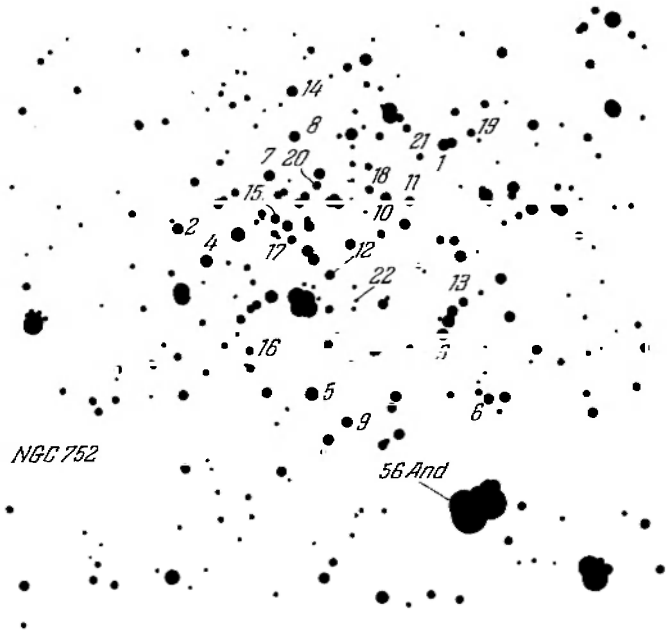


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 752 ($1^h54{,}7^m + 37°25'$, 1950), And
Фотоэл. фотометрия по H. Johnson (ApJ 117, 356, 1953)

*	№№ по Дж.	V	$B-V$	$U-B$	Спектр	*	№№ по Дж.	V	$B-V$	$U-B$	Спектр
1	75	$8{,}95^m$	$+1{,}01^m$	$+0{,}77^m$	K0III	12	187	$10{,}41^m$	$+0{,}42^m$	$0{,}00^m$	F4
2	311	9,04	+1,03	+0,82	K0III	13	58	10,46	+0,40	+0,02	F4
3	77	9,35	+1,02	+0,79	K0III	14	219	10,52	+0,41	0,00	F3
4	300	9,58	+0,41	+0,02	F3	15	234	10,66	+0,43	0,00	F5
5	209	9,70	+0,05	−0,01	A0	16	263	10,91	+0,38	+0,02	F2
6	41	9,80	+0,49	+0,07	F5	17	222	10,94	+0,38	+0,00	F2
7	238	9,95	+0,45	+0,04	F4	18	135	11,20	+0,45	−0,02	F4
8	218	10,06	+0,46	+0,04	F5	19	55	11,40	+0,44	−0,02	F5
9	171	10,16	+0,44	+0,05	F4	20	197	11,58	+0,45	−0,05	F5
10	117	10,23	+0,44	+0,05	F5	21	88	11,73	+0,49	−0,02	F5
11	96	10,35	+0,38	+0,06	F2	22	157	12,56	+0,60	−0,04	G0

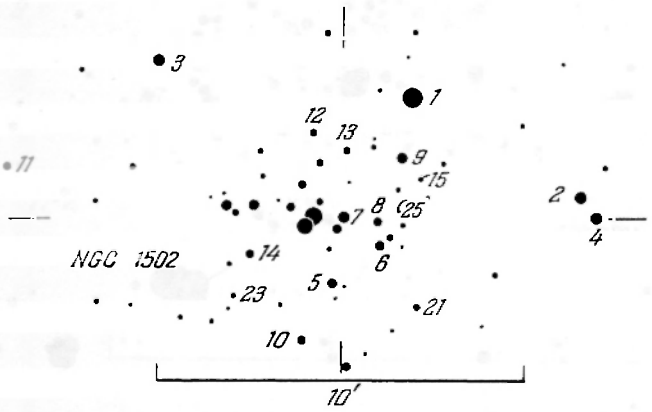


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 1502 ($4^h03{,}0^m + 62°11'$, 1950), Cam

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$7{,}93^m$	0.07^m	$0{,}01^m$	10	$10{,}72^m$	$0{,}62^m$	$-0{,}11^m$
2	7,93	1,19	0,77	11	10,91	0,50	−0,19
3	9,56	0.43	−0,36	12	11,36	0,58	−0,09
4	9,61	0,32	0,13	13	11,39	0,65	−0,04
5	9,61	0.55	−0,32	14	11,59	0,59	−0,02
6	9,66	0,57	−0,38	15	12,25	0,70	0,45
7	9,80	0,54	−0,32	21	12,93	0,93	0,69
8	10,49	0,50	−0,30	23	13,56	0,74	0,39
9	10,72	0.50	−0,23	25	14,24	1,27	0,42

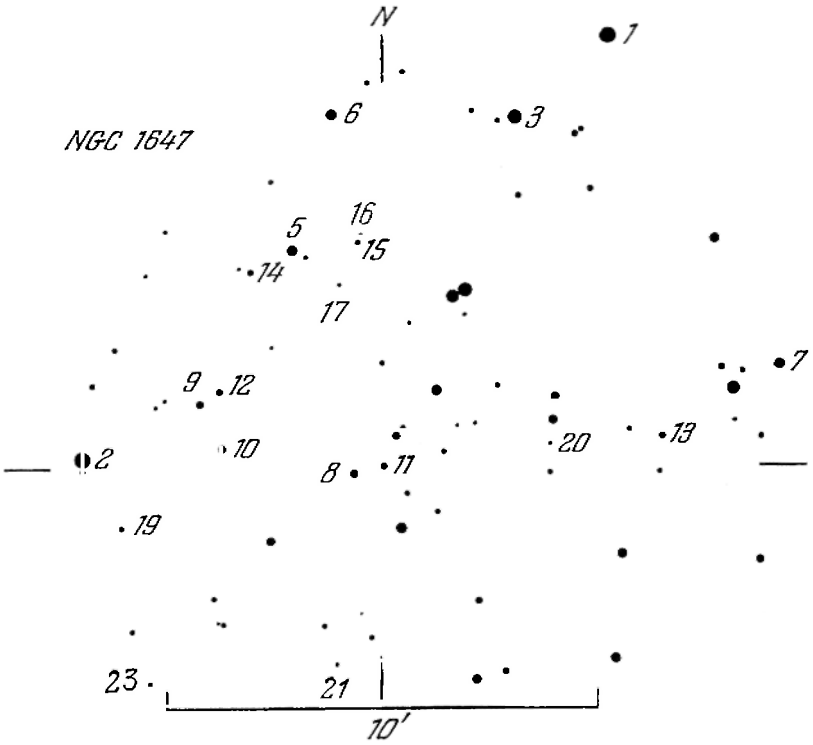


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 1647 ($4^h43{,}2^m + 18°59'$, 1950), Tau

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$8{,}61^m$	$0{,}36^m$	$-0{,}05^m$	11	$11{,}11^m$	$0{,}85^m$	0.41^m
2	9,09	0,20	−0,09	12	11,36	0,52	0,36
3	9,34	0,32	0,01	13	11,61	0,58	0,49
5	9,68	0,23	−0,17	14	11,71	0,43	0,34
6	10,09	0,41	0,12	16	12,45	0,89	0,43
7	10,10	0,34	0,00	19	12,81	0,67	0,49
8	10,33	0,90	0,45	20	13,62	0,92	0,29
9	10,70	0,32	0,17	21	13,94	0,88	0,27
10	11,00	0,40	0,34	23	14,12	0,92	0,29

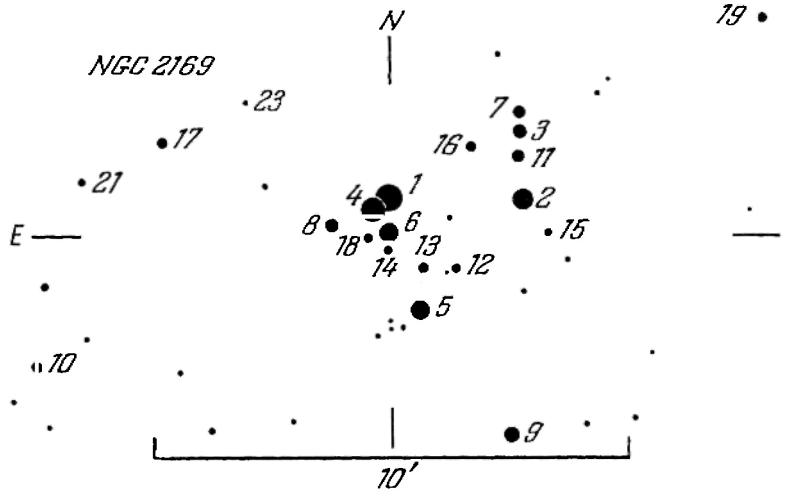


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе UBV (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 2169 ($6^h05{,}7^m + 13°58'$, 1950), Ori

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$6{,}94^m$	$-0{,}09^m$	$-0{,}86^m$	12	$10{,}79^m$	$0{,}04^m$	$-0{,}40^m$
2	8,13	−0,01	−0,63	13	10,79	0,03	—
3	8,42	0,95	0,70	14	10,87	0,14	−0,08
4	8,61	−0,06	−0,80	15	11,06	0,15	0,02
5	8,78	−0,06	−0,68	16	11,18	0,11	−0,14
6	9,13	0,03	−0,53	17	11,65	0,20	0,18
7	9,34	1,74	1,89	18	11,78	0,13	0,00
8	9,90	1,13	0,95	19	12,03	0,64	0,15
9	10,00	0,02	−0,54	21	12,50	0,25	0,17
10	10,10	−0,02	−0,30	23	13,01	0,82	0,38
11	10,57	0,05	−0,37				

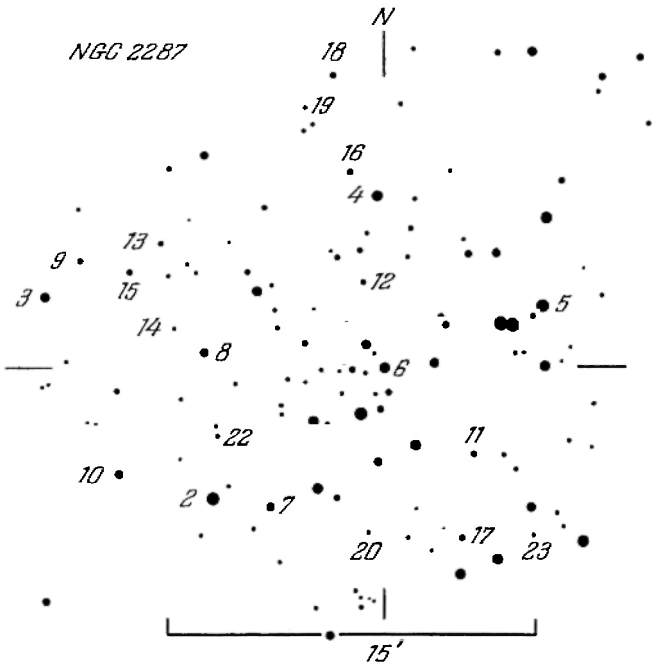


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 2287 ($6^h44{,}9^m - 20°42'$, 1950), CMa

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
2	$7{,}76^m$	$1{,}22^m$	$1{,}00^m$	13	$10{,}69^m$	$0{,}00^m$	$-0{,}02^m$
3	7,77	1,11	1,03	14	10,69	1,06	0,97
4	7,77	1,12	1,04	15	10,81	0,16	0,08
5	8,39	−0,06	−0,27	16	11,05	0,17	0,08
6	8,96	−0,11	−0,19	17	11,06	0,06	0,09
7	9,32	−0,03	−0,18	18	11,36	0,11	0,11
8	9,39	−0,02	−0,22	19	11,82	1,22	1,01
9	10,26	−0,04	−0,12	20	12,49	0,40	0,02
10	10,45	−0,01	−0,04	22	12,90	0,46	0,10
11	10,66	0,22	0,01	23	13,47	0,60	0,04
12	10,67	0,18	0,12				

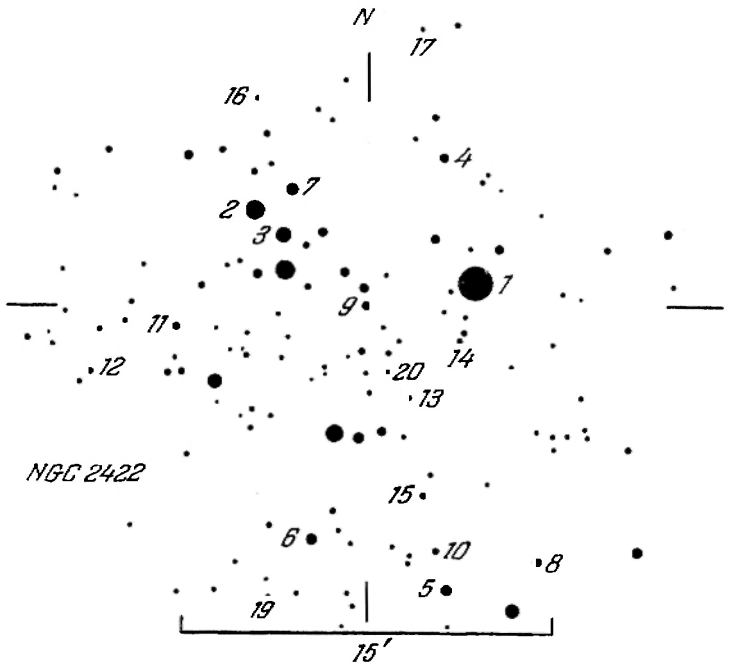


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 2422 ($7^h34{,}3^m$ – 14°22′, 1950), Pup

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$5{,}70^m$	$-0{,}12^m$	$-0{,}71^m$	11	$10{,}51^m$	$0{,}07^m$	$0{,}04^m$
2	6,72	−0,04	−0,31	12	10,52	0,15	0,11
3	7,81	−0,06	−0,36	13	10,73	0,22	0,17
4	7,83	1,23	1,10	14	10,94	0,54	0,05
5	7,93	1,05	0,81	15	10,95	0,32	0,17
6	8,79	0,01	−0,10	16	11,80	0,67	0,25
7	8,82	−0,01	−0,16	17	12,00	0,39	0,09
8	10,17	0,25	0,18	19	12,86	0,61	0,12
9	10,45	0,16	0,13	20	13,85	0,63	0,13
10	10,50	0,17	0,16				

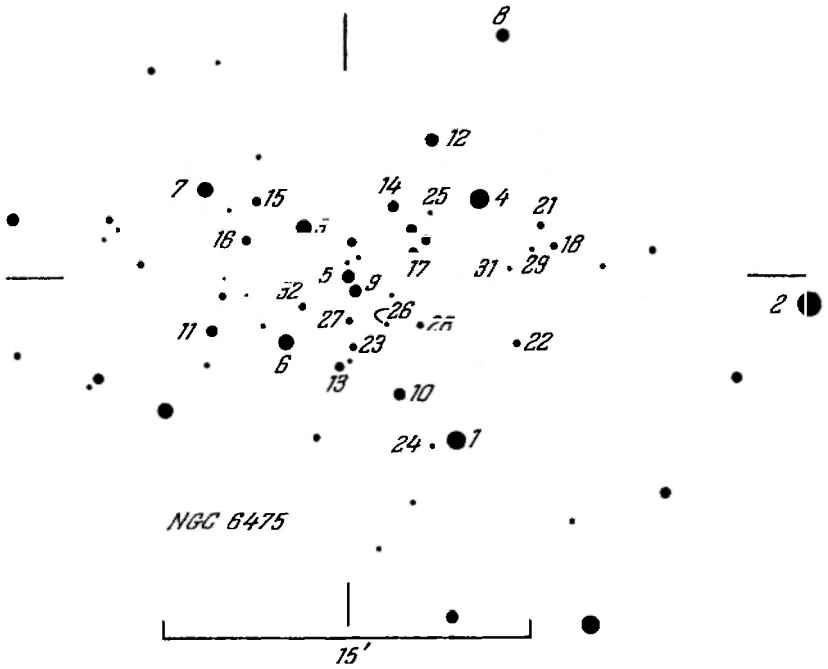


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 6475 ($17^h50{,}7^m - 34°48'$, 1950), Sco

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$5{,}60^m$	$1{,}14^m$	$1{,}01^m$	15	$8{,}49^m$	$0{,}11^m$	$0{,}06^m$
2	5,89	−0,08	−0,64	16	8,80	0,17	0,12
3	5,96	−0,01	−0,10	17	8,93	0,36	0,10
4	6,17	−0,03	−0,35	18	8,99	0,22	0,11
5	6,38	0,00	−0,06	21	9,20	0,19	0,11
6	6,45	0,02	−0,07	22	9,30	0,21	0,15
7	6,88	0,06	−0,06	23	9,56	0,45	0,11
8	6,97	0,04	−0,21	24	9,74	0,46	0,12
9	7,16	0,03	−0,20	25	10,15	1,78	—
10	7,37	0,10	—	26	10,19	0,44	0,06
11	7,48	0,11	0,00	27	10,30	0,38	0,15
12	7,61	0,00	−0,16	28	10,51	0,48	0,10
13	7,77	0,08	—	29	11,09	0,53	0,07
14	8,21	0,04	0,01	32	12,34	0,33	—

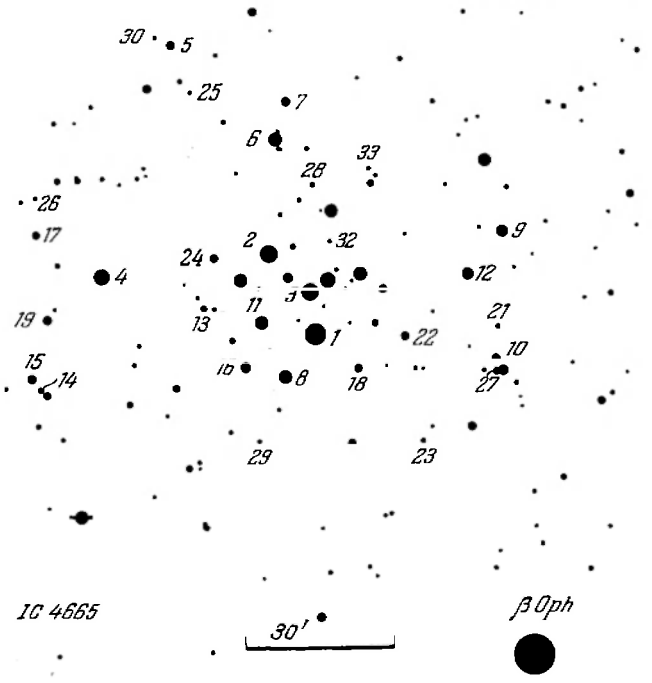


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

IC 4665 ($17^h43{,}8^m + 5°44'$, 1950), Oph
Фотоэл. фотометрия A. Hogg и G. Kron (LOB № 534, 1955).
Номера по каталогу E. Kopff (Mitt. Bergedorf 8, 96, 1943)

*	№ по Копфу	V	$B-V$	$U-B$	*	№ по Копфу	V	$B-V$	$U-B$
1	62	$6{,}86^m$	$+0{,}011^m$	$-0{,}58^m$	18	50	$9{,}09^m$	$+0{,}251$	$+0{,}13^m$
2	73	7,13	+0,031	−0,50	19	115	9,15	+0,436	+0,17
3	64	7,36	+0,016	−0,47	20	91	9,33	+1,736	+2,10
4	105	7,49	+0,031	−0,42	21	24	9,34	+1,251	+1,26
5	99	7,53	+1,631	+1,70	22	39	9,38	+0,296	+0,21
6	72	7,76	−0,004	−0,56	23	36	9,64	+1,26	—
7	69	7,88	+1,031	+0,82	24	89	9,84	+0,231	+0,16
8	68	7,94	+0,441	−0,00	25	95	9,88	+1,68	—
9	23	8,06	+0,061	−0,15	26	120	10,16	+1,126	+0,93
10	26	8,07	+1,261	+1,23	27	27	10,32	+0,271	+0,17
11	76	8,21	+0,121	−0,32	28	63	10,56	+0,356	+0,24
12	32	8,33	+0,041	−0,15	29	78	10,66	+0,551	+0,40
13	121	8,61	+0,371	+0,31	30	101	10,76	+1,14	—
14	117	8,73	+1,596	+1,87	31	88	10,87	+0,431	+0,18
15	67	8,80	+0,226	+0,17	32	57	11,13	+0,481	+0,07
16	81	8,86	+0,121	−0,27	33	48	11,58	+0,49	—
17	119	8,90	+0,686	+0,18					

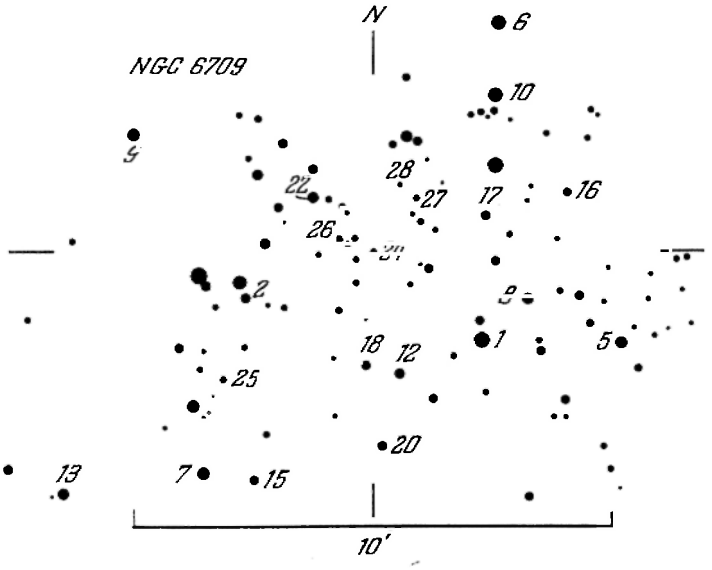


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 6709 ($18^h49{,}1^m + 10°17'$, 1950), Aql

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$9{,}07^m$	$1{,}31^m$	$1{,}07^m$	16	$11{,}61^m$	$0{,}16^m$	$-0{,}10^m$
2	9,15	1,55	—	17	11,67	0,20	−0,10
5	10,33	0,17	−0,20	18	11,71	0,28	0,03
6	10,42	0,24	0,17	20	12,80	0,86	0,42
7	10,60	0,20	−0,26	22	13,19	0,70	0,21
8	10,66	0,23	−6,16	24	13,23	0,47	0,32
9	10,74	0,22	−0,06	25	13,96	0,73	0,31
10	10,88	0,18	−0,08	26	14,19	0,72	0,21
12	11,06	0,24	−0,04	27	14,67	0,78	0,17
13	11,14	1,17	0,92	28	15,01	0,69	0,19
15	11,43	0,25	−0,06				

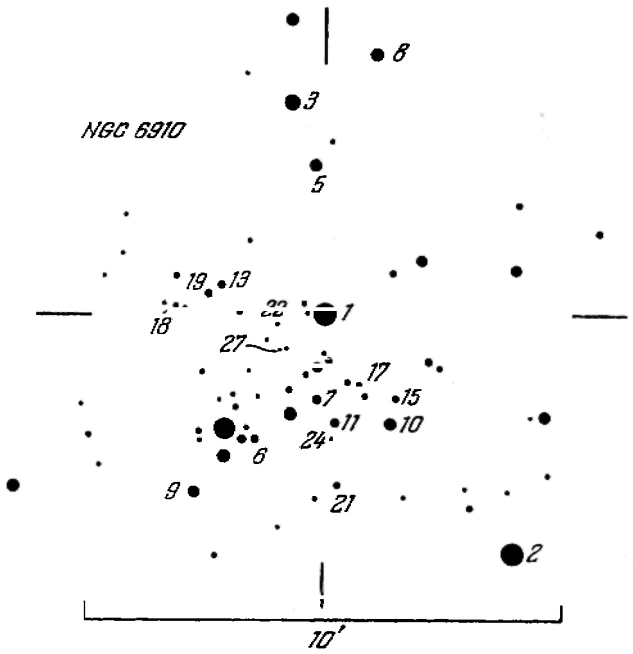


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 6910 ($20^h21{,}3^m + 40°37'$, 1950), Cyg

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$7{,}36^m$	$1{,}17^m$	$1{,}09^m$	13	$11{,}77^m$	$0{,}82^m$	$-0{,}07^m$
2	8,12	0,05	−0,70	15	12,27	0,73	−0,06
3	8,54	0,89	−0,16	17	12,72	0,87	−0,09
5	10,05	0,19	0,09	18	12,87	1,00	0,01
6	10,34	0,92	−0,04	19	12,99	0,81	−0,03
7	10,42	0,84	−0,17	21	13,92	0,94	0,28
8	10,55	0,20	0,18	22	14,30	0,82	0,31
9	10,64	0,29	0,12	24	14,70	0,93	0,53
10	10,84	0,76	−0,21	27	14,88	0,95	0,49
11	10,95	1,20	1,13				



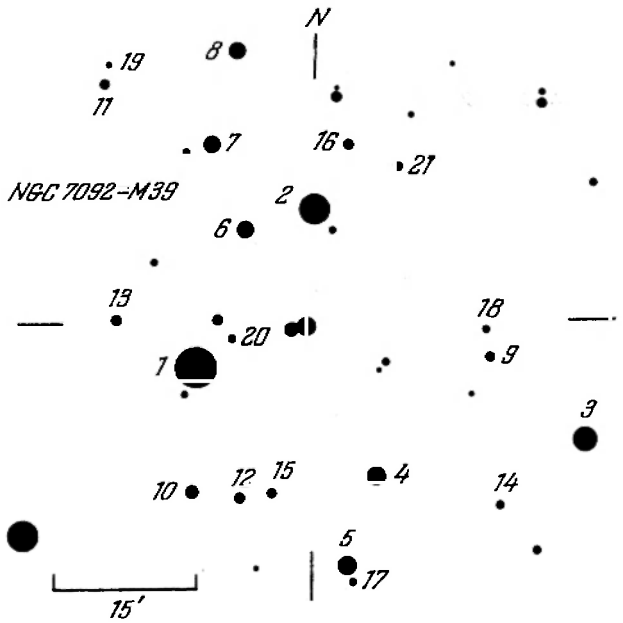
К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 7092 = M 39 ($21^h30{,}4^m + 48°13'$, 1900), Cyg.
Фотоэл. фотометрия Джонсона (ApJ **117**, 353, 1953),
№№ по Эббигхаузену (ApJ **92**, 434, 1940)

*	№ по Эббиг.	V	$B-V$	$U-B$	Спектр	*	№ по Эббиг.	V	$B-V$	$U-B$	Спектр
1	33	$6{,}56^m$	$0{,}00^m$	$+0{,}02^m$	B9,5IV	12	19	$8{,}92^m$	$+0{,}09^m$	$+0{,}12^m$	A2V
2	26	6,83	−0,04	−0,05	B9,5V	13	35	9,03	+0,08	+0,09	A2V
3	1	7,35	−0,02	+0,01	A0V	14	4	9,15	+0,16	+0,11	A2V
4	5	7,85	+0,04	−0,01	A0V*)	15	20	9,50	+0,18	+0,13	A5V:
5	17	7,97	+0,06	+0,08	A2V	16	27	9,78	+0,32	+0,09	F2V
6	24	8,06	+0,03	−0,06	B9IV	17	16	10,14	+0,30	+0,05	A4
7	38	8,23	+0,05	+0,01	AIV	18	10	10,33	+0,40	+0,02	A3
8	30	8,52	+0,01	+0,02	A0V	19	40	10,60	+0,38	+0,30	AI
9	9	8,54	+0,74	+0,26	G7	20	21	10,77	+0,60	+0,16	F8
10	31	8,68	+0,04	+0,07	A0V	21	11	10,95	+0,50	0,00	F3
11	39	8,81	+1,17	+1,12	K0						

*) Сп. двойная.

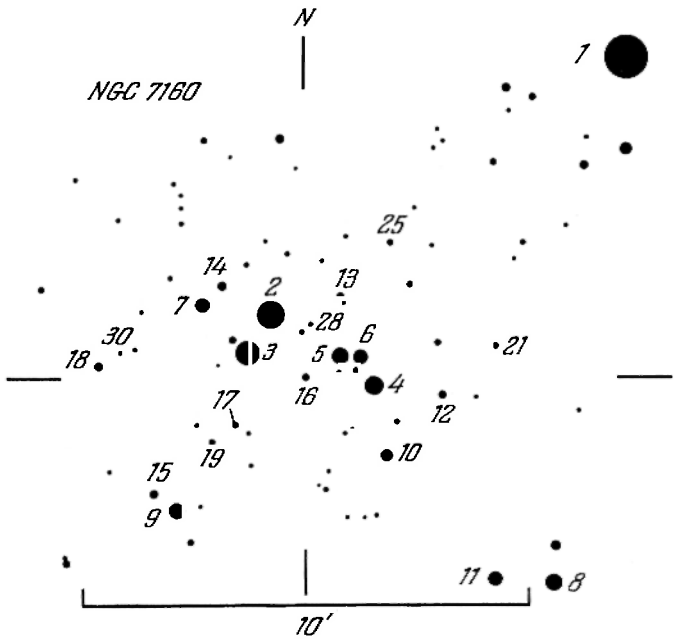


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе UBV (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 7160 ($21^h52{,}3^m + 62°22'$, 1950), Cep

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$6{,}69^m$	$0{,}24^m$	$-0{,}57^m$	12	$11{,}44^m$	$0{,}55^m$	$0{,}09^m$
2	7,04	0,26	−0,56	13	11,48	0,29	0,06
3	7,90	0,07	−0,73	14	11,52	0,36	0,23
4	8,92	0,17	−0,46	15	11,62	0,55	0,46
5	9,34	0,18	−0,49	16	11,68	0,26	0,12
6	9,83	0,23	−0,33	17	12,07	0,34	0,28
7	10,01	0,15	−0,49	18	12,14	0,34	0,42
8	10,50	0,44	0,02	19	12,24	0,39	0,28
9	10,81	0,28	−0,11	21	12,53	0,46	0,38
10	11,11	1,45	1,39	25	13,02	0,57	0,51
11	11,18	0,30	0,13	28	13,47	0,74	0,35
				30	14,48	1,53	0,74

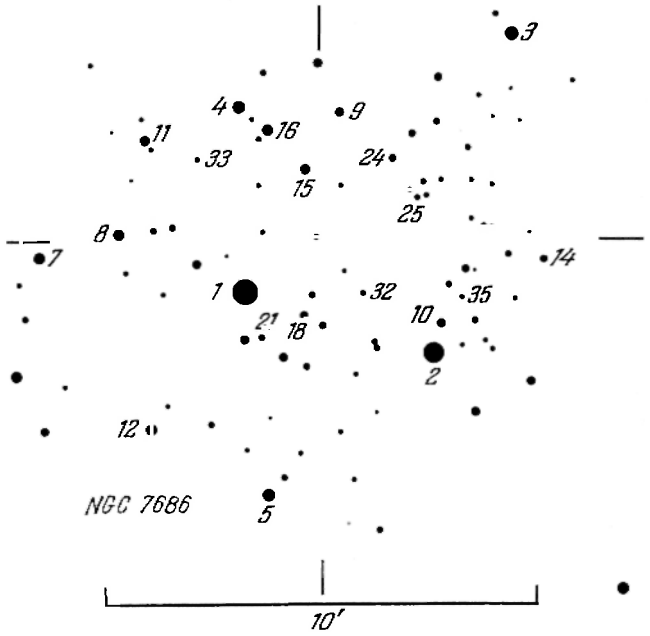


К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Продолжение таблицы 50

NGC 7686 ($23^h27{,}8^m + 48°5'$, 1950), And

*	V	$B-V$	$U-B$	*	V	$B-V$	$U-B$
1	$6{,}17^m$	$1{,}46^m$	$1{,}71^m$	14	$11{,}53^m$	$0{,}95^m$	$0{,}54^m$
2	7,74	0,96	0,68	15	11,54	0,66	0,12
3	8,95	1,23	1,14	16	11,63	0,36	0,10
4	9,53	1,00	0,69	18	12,48	0,52	−0,02
5	10,22	0,45	0,17	21	12,62	0,79	0,25
7	10,37	1,26	1,24	24	12,91	0,63	0,07
8	10,92	1,23	1,10	25	13,48	1,19	1,06
9	11,03	1,77	—	32	13,91	0,47	−0,03
10	11,07	1,39	1,48	33	14,32	0,79	0,21
11	11,15	0,39	0,10	35	14,93	0,78	0,08
12	11,37	0,74	0,26				



К табл. 50. Фотометрические стандарты в системе *UBV* (звездные скопления)

Таблица 51

Некоторые яркие двойные звезды

Координаты на эпоху J2000.0. Расстояние не меньше 0,7″, $m_A < 6^m$, $m_B < 9^m$. Положение компонентов в эпоху последнего измерения (E) или по эфемериде на 2002 г. В примечании: N^* — полное число звезд в системе. *Данные по*: *Worley C. E., Douglass G. G.* The Washington visual double star catalog (WDS), 1996.0, US Naval Observatory; Observer's Handbook 2001 (RAS Canada); *Dommanget J., Nys O.* Catalogue of the components of double and multiple stars (CCDM). Comm. Obs. R. Belgique, Ser. A, N. 115, 1994; *Tokovinin A. A.* MSC — a catalogue of physical multiple stars. Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 124, 75, 1997.

*	ADS	α	δ	m_A	Sp_A	m_B	Sp_B	ρ	θ	E	Примечания
η Cas	671	$00^h\ 49{,}1^m$	+57° 49′	3,4	G0V	7,5	dM0	12,2″	315°	1993	
ζ Phe		01 08,4	−55 15	4,2	B6V	7,0	B9V	0,9	79	1987	4*. A — затм. дв. $1{,}67^d$; спутн. 7^m, 6″
$\varkappa$ Tuc		01 15,8	−68 53	5,1	F6IV	7,3	G5	5,1	325	1990	4*. $P = 1100^a$; спутн. 8^m, 5′, виз. дв. 1,1″
γ Ari	1507	01 53,5	+19 18	4,8	A1p	4,8	B9V	7,5	0	1988	
α Psc	1615	02 02,0	+02 46	4,3	A0p	5,2	A3m	1,9	278	1991	3*. $P = 933^a$
γ And	1630	02 03,9	+42 20	2,3	K3II	4,7	A0p	9,6	64	1987	4*. B — виз. дв.: 5^m, 6^m, 0,4″, $P = 61^a$
ι Cas	1860	02 29,1	+67 24	4,7	A5p	7,6	F5	2,6	237	1983	4*. $P = 620^a$; A — виз. дв. 0,5″, $49{,}6^a$; спут. 7″, 8^m
γ Cet	2080	02 43,3	+03 14	3,6	A3V	7,4	dF3	2,9	297	1986	3*. $P = 230^a$; спут. 10^m, 12′
f Eri		03 48,6	−37 37	4,9	B9V	5,4	A1V	8,1	214	1986	
23 Ori	3962	05 22,8	+03 33	5,0	B1V	7,2	—	31,9	29	1973	
1887 Ori	4182	05 35,0	−06 00	4,8	B0,5V	5,7	B1V	36,2	223	1962	
θ Ori AB	4186	05 35,3	−05 23	6,7	B0V	7,9	B0V	8,8	32	1940	Трапеция Ориона:
θ Ori CD	4186	05 35,3	−05 23	5,1	O6p	6,7	B0V	13,6	60	1940	6*, из них 4 ярких
ι Ori	4193	05 35,4	−05 55	2,8	O9III	7,1	B4	11,3	141	1932	3*. A – сп. дв. 29^d
ζ Ori	4263	05 40,8	−01 57	2,1	B0I	4,0	B3	2,5	164	1957	4*. $P = 1500^a$, A – сп. дв. Спут. 9^m, 1′
θ Aur	4566	05 59,7	+37 13	2,7	A0p	7,2	—	3,5	314	1988	
ε Mon	5012	06 23,8	+04 36	4,4	A5IV	6,7	F5V	12,7	28	1985	
β Mon	5107	06 28,8	−07 02	4,6	B3Ve	5,4	B3ne	7,3	132	1955	3*. Спут. $5{,}6^m$, 3″
α CMa	5423	06 45,1	−16 43	−1,5	A1V	8,5	DA	5,4	131	2002	$P = 50^a$. Спутник — белый карлик
δ Gem	5983	07 20,1	+21 59	3,5	A9III	8,5	K3V	5,8	220	1990	3*. $P = 1200^a$, A – имеет спут. $5{,}7^m$, 0,2″

Продолжение таблицы 51

*	ADS	α	δ	m_A	Sp_A	m_B	Sp_B	ρ	θ	E	Примечания
α Gem	6175	$07^h\ 34{,}6^m$	+31° 53′	2,0	A1V	2,9	A2Vm	3,3″	73°	1992	6*. $P = 511^a$. C = YY Gem; все три — сп.дв.
ε Vol		08 07,9	−68 37	4,5	B6IV	8,1	—	5,4	24	1991	3*. P – 4900^a, A – имеет сп. $P = 14^d$
ι Cnc	6988	08 46,7	+28 46	4,0	G8II	6,6	A3V	30,6	307	2002	
σ^2 UMa	7203	09 10,4	+67 08	4,9	F7V	7,9	—	3,5	359	1988	$P = 1100^a$
γ Leo	7724	10 20,0	+19 50	2,6	K0III	3,8	G7III	4,4	125	2003	$P = 620^a$, $a = 2{,}5''$, $e = 0{,}84$
54 Leo	7979	10 55,6	+24 45	4,5	A1V	6,3	A2Vn	6,5	110	1987	B — сп.дв.
ξ UMa	8119	11 18,2	+31 32	4,3	G0V	4,8	G0V	1,8	263	2002	4*. $P = 60^a$, обе — сп.дв.
α Cru		12 26,6	−63 06	1,3	B1V	1,8	B3	4,0	112	1994	5*. A — сп.дв. 59^d; B — сп.дв. 56^d
γ Vir	8630	12 41,7	−01 27	3,4	F0V	3,5	F0V	1,1	244	2002	$P = 170^a$, A — КЗП 101317, B — перем.?
α CVn	8706	12 56,0	+38 19	2,9	A0p	5,6	—	19,3	228	1984	A — прототип класса перем., $P = 5{,}47^d$; обе — сп.дв.
ζ UMa	8891	13 23,9	+54 56	2,3	A1Vp	4,0	A1m	14,5	153	1993	5*. A — сп.дв.$20{,}5^d$; B — сп.дв. 176^d и v?
k Cen		13 51,8	−33 00	4,6	B5III	6,1	B8V	7,9	106	1986	
$\varkappa^2$ Boo	9173	14 13,5	+51 47	4,5	A7V	6,7	F1V	13,4	236	1973	3*. B — сп.дв. 0,1″, $4{,}9^a$
α Cen		14 39,6	−60 50	0,0	G2V	1,3	K5V	12,8	224	2002	3*. $P = 80^a$, C = Проксима, 150′, 11^m
π Boo	9338	14 40,7	+16 25	5,0	B9p	5,9	—	5,6	109	1988	
ε Boo	9372	14 45,0	+27 04	2,3	K0II	4,5	A2V	2,6	341	2001	$P = 150^a$, $a = 4{,}88''$
$\varkappa$ Lup		15 11,9	−48 44	3,9	B9,5V	5,7	A5V	26,6	144	1982	
μ Lup		15 18,5	−47 53	5,0	B8V	5,1	—	1,1	130	1991	Сп. 7^m, 24″, общее μ
δ Ser	9701	15 34,8	+10 32	4,2	F0IV	5,2	—	4,3	175	1990	
η Lup		16 00,1	−38 24	3,4	B2IV	7,8	—	15,0	20	1934	3*. $P = 30\,000^a$. C = 9^m, 2′
ξ Sco	9909	16 04,4	−11 22	4,9	F5IV	5,0	F6V	0,7	55	1960	5*. $P = 45{,}7^a$, $a = 0{,}72''$. Сп. 7^m, 7″
β^1 Sco	9913	16 05,4	−19 48	2,6	B1V	4,9	B2V	14,0	24	1958	5*. A – сп.дв. $6{,}83^d$. B — 6^m, 0,5″ от A
λ Oph	10087	16 30,9	+01 59	3,8	A0V	5,3	A4V	1,1	355	1970	3*. $P = 129^a$
ζ Her		16 41,3	+31 36	3,0	G0IV	6,5	dK0	0,5	296	2002	$P = 34{,}5^a$, $a = 1{,}36''$

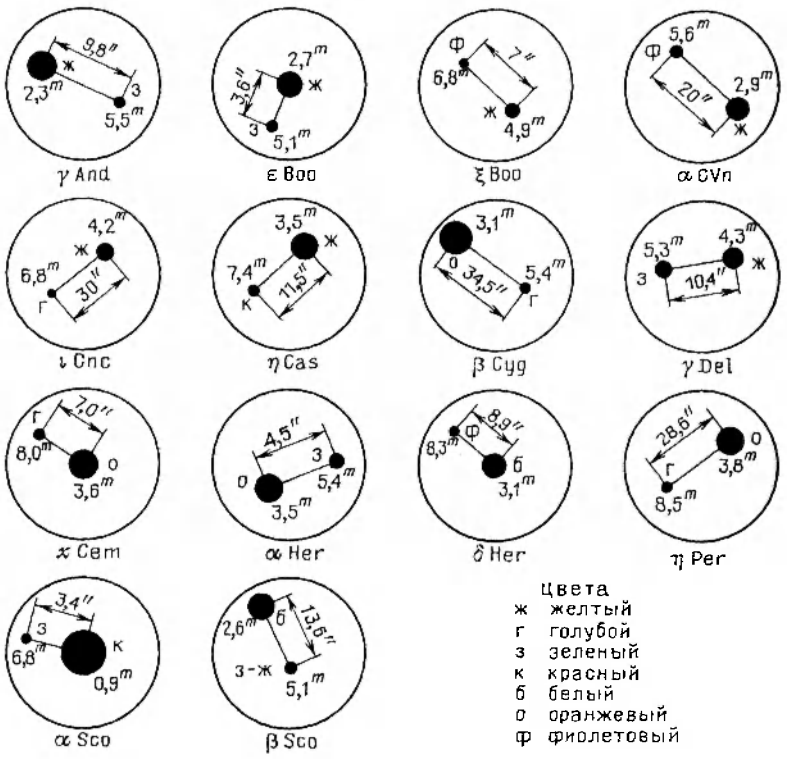
Продолжение таблицы 51

*	ADS	α	δ	m_A	Sp_A	m_B	Sp_B	ρ	θ	E	Примечания
μ Dra	10345	$17^h\ 05{,}3^m$	+54° 28′	5,8	F7V	5,8	F7V	2,2″	29°	1993	4*. $P = 672^a$
α^1 Her	10418	17 14,6	+14 23	3,5	M5II	5,4	G5III	4,8	106	1993	4*. A — полуправ. перем., B — сп. дв. $51{,}6^d$
ρ Her	10526	17 23,7	+37 09	4,5	B9III	5,5	A0V	4,2	317	1980	3*. A — дв. 0,3″
95 Her	10993	18 01,5	+21 36	5,0	A5III	5,2	—	6,2	258	1987	
τ Oph	11005	18 03,1	−08 11	5,3	F4IV	5,8	F5V	1,9	281	1994	3*. $P = 260^a$, $a = 1{,}5''$, A — сп. дв. 184^d
70 Oph	11046	18 05,5	+02 30	4,0	K0V	6,0	dK6	4,2	143	2002	$P = 88^a$, $a = 4{,}55''$, обе — сп. дв.
ε Lyr	11635	18 44,4	+39 38	4,7	A4V	4,6	A8V	208,5	172	1984	5*. $P = 240\,000^a$
ε Lyr	AB	18 44,3	+39 40	5,1	A3III	6,1	F1V	2,5	353	1992	$P = 1200^a$, $a = 2{,}78''$
ε Lyr	CD	18 44,4	+39 37	5,1	F0Vn	5,4	—	2,3	86	1992	$P = 600^a$, $a = 2{,}95''$. C имеет сп. 0,2″
o Dra	11779	18 51,2	+59 23	4,7	G7III	7,9	—	34,6	324	1961	Опт. дв.; A — сп. дв. $138{,}42^d$
θ Ser	11853	18 56,2	+04 12	4,6	A5V	5,0	A5Vn	22,3	104	1984	
β Cyg		19 30,7	+27 58	3,1	K3II	5,1	B8V	34,3	52	2001	A — перем.?
16 Cyg		19 41,8	+50 32	6,0		6,2	—	39,5	133	2001	B — имеет планетную систему
δ Cyg	12880	19 45,0	+45 08	2,9	B9IV	7,9	—	2,5	229	1990	$P = 780^a$
$\varkappa$ Cep	13524	20 08,9	+77 43	4,4	B9III	8,4	—	7,1	122	1988	3*. Сп. 8^m, 170″, $\theta = 335°$
β Cap		20 21	−14 47	3,0	K0III	6,1 A	0III	205,0	267	2001	6*. AP — $8{,}3^m$, 0,8″; BC — 10^m, 0,9″
γ Del	14279	20 46,7	+16 07	4,3	K1IV	5,1	F7V	9,6	267	1988	
λ Cyg	14296	20 47,4	+36 29	4,8	B5V	6,1	B7V	0,8	122	1992	3*. $P = 391^a$, $a = 0{,}78''$, A — сп. дв. $11{,}6^a$
ε Equ	14492	20 59,1	+04 18	5,4	F6IV	7,4	G0V	10,6	68	1991	4*. A — тройная: $P = 101^a$ и 2^d
61 Cyg	14636	21 06,9	+38 45	5,2	K5V	6,1	K7V	30,4	149	1993	$P = 692^a$, $a = 24{,}4''$ темн. сп.?
τ Cyg		21 14,8	+38 03	3,8	F2IV	6,3	—	0,8	291	2002	$P = 50^a$, A — пер. типа δ Scu
μ Cyg	15270	21 44,1	+28 45	4,7	F6V	6,1	G2V	2,1	305	1994	$P = 507{,}5^a$?
ξ Cep	15600	22 03,8	+64 38	4,6	A3m	6,5	dF7	8,5	275	1994	3*. $P = 3800^a$; A — сп. дв. $P = 811^d$
ζ Aqr	15971	22 28,8	−00 01	4,3	F3IV	4,5	F2IV	2,0	198	1994	3*. $P = 760^a$, B — виз. дв. 0,4″, $P = 26^a$

Таблица 52

Некоторые яркие двойные звезды с резким различием цветов (см. рисунок)

Звезда	m_A	m_B	ρ	θ	Цвета компонентов
γ And	2,3	5,1	9,8″	64°	желтый-зеленый
ε Boo	2,7	5,1	3,0	338	желтый-зеленый
ξ Boo	4,9	6,8	7	223	желтый-фиолетовый
α CVn	2,9	5,6	20	228	желтый-фиолетовый
ι Cnc	4,2	6,8	30	307	желтый-голубой
η Cas	3,5	7,4	11,5	302	желтый-красный
β Cyg	3,1	5,4	34,5	54	оранжевый-голубой
γ Del	4,3	5,3	10,4	277	желтый-зеленый
$\varkappa$ Gem	3,6	8,0	7,0	238	оранжевый-зеленый
α Her	3,5	5,4	4,5	114	оранжевый-зеленый
δ Her	3,1	8,3	8,9	236	белый-фиолетовый
η Per	3,8	8,5	28,6	300	оранжевый-голубой
α Sco	0,9	6,8	3,4	261	красный-зеленый
β Sco	2,6	5,1	13,6	24	белый-зелено-желтый



К табл. 52. Расположение и цвета некоторых двойных звезд

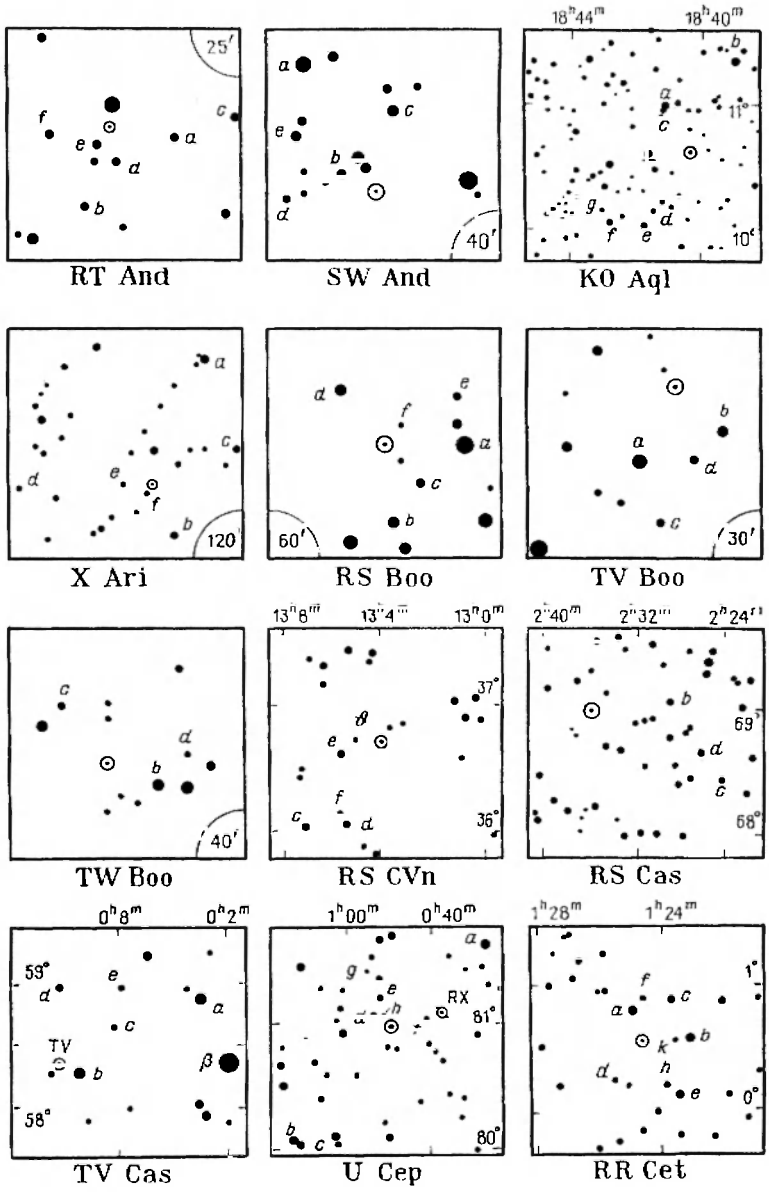
Таблица 53

Переменные звезды типа RR Лиры (RR), δ Щита (DS) и затменные переменные (E), рекомендуемые для наблюдения в бинокль или небольшую трубу (карты см. на с. 576–578)

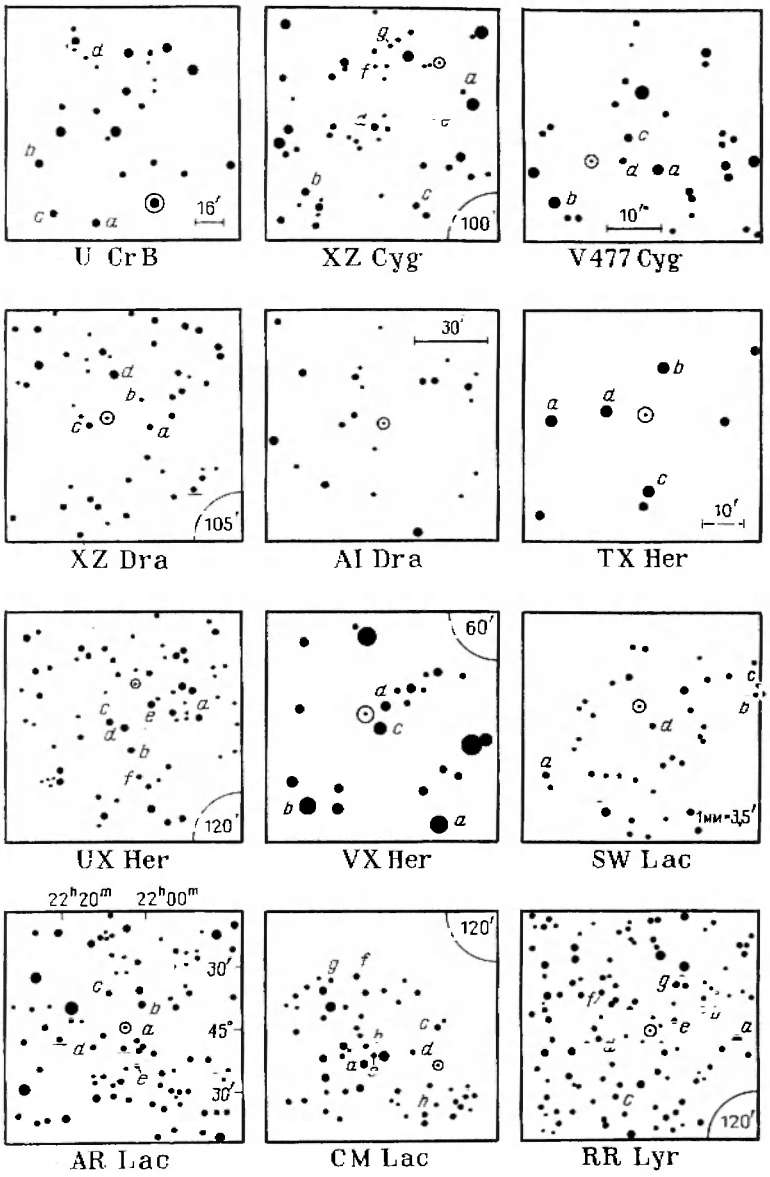
Звезда	Сокращенное обозначение и тип	Амплитуда	Координаты 2000.0		Световые элементы		Звезды сравнения						
			α	δ	эпоха (24...)	период (сут)	a	b	c	d	e	f	g
RT Андромеды	RT And EA	8,55 – 9,47 V	$23^h\ 11{,}2^m$	+53° 02′	47 756,3385	0,628929355	8,55	8,98	9,27	9,65	10,01	10,20	—
SW Андромеды	SW And RR	9,14 – 10,09 V	00 23,7	+29 24	48 558,4078	0,4422665	8,21	8,80	9,32	10,18	11,17	—	—
SX Б. Медведицы	SX UMa RR	10,58 – 11,21 V	13 26,2	+56 15	45 109,333	0,3071178	10,23	11,02	11,20	11,45	—	—	—
TU Б. Медведицы	TU UMa RR	9,26 – 10,24 V	11 29,8	+30 04	42 831,4947	0,5576587	9,28	10,15	10,88	—	—	—	—
TX Б. Медведицы	TX UMa EA	7,06 – 8,80 V	10 45,3	+45 34	48 594,47957	3,0633292	7,07	7,62	7,92	9,12	—	—	—
EH Весов	EH Lib DS	9,35 – 10,08 V	14 58,9	−00 57	50 283,3665	0,0884132445	8,76	9,18	9,50	10,12	10,39	—	—
CY Водолея	CY Aqr DS	10,42 – 11,16 V	22 37,8	+01 32	47 668,3152	0,061038612	10,42	10,95	11,66	—	—	—	—
RS Волопаса	RS Boo RR	9,69 – 10,84 V	14 33,6	+31 45	41 770,490	0,37733896	9,07	9,93	10,59	11,25	11,38	11,57	—
TV Волопаса	TV Boo RR	10,71 – 11,30 V	14 16,6	+42 22	41 097,345	0,3125594	9,24	10,04	10,30	11,35	—	—	—
TW Волопаса	TW Boo RR	10,63 – 11,68 V	14 45,1	+41 02	51 262,4372	0,53227224	—	9,98	10,42	11,02	—	—	—
UY Волопаса	UY Boo RR	10,23 – 11,40 V	13 58,8	+12 57	41 835,694	0,6508365	—	—	—	—	—	—	—
TX Геркулеса	TX Her EA	8,54 – 9,31 V	17 18,6	+41 53	40 008,3643	2,05980944	8,04	8,65	9,26	—	—	—	—
UX Геркулеса	UX Her EA	9,05 – 10,21 V	17 54,1	+16 57	48 107,419	1,5488557	7,67	7,77	8,52	9,01	9,24	9,50	—
VX Геркулеса	VX Her RR	9,89 – 11,21 V	16 30,7	+18 22	46 646,403	0,4553656	8,98	9,82	10,79	11,99	—	—	—
AK Геркулеса	AK Her EW	8,29 – 8,77 V	17 14,0	+16 21	49 886,4068	0,42152288	8,83	9,28	—	—	—	—	—
Z Гончих Псов	Z CVn RR	11,46 – 12,36 V	12 49,8	+43 46	38 931,371	0,653819	7,90	8,46	8,92	9,42	10,17	10,95	11,16
RS Гончих Псов	RS CVn EA	7,93 – 9,14 V	13 10,6	+35 56	42 871,462	4,797752	8,10	8,56	8,80	9,05	9,32	9,51	9,88
RZ Дракона	RZ Dra EB	10,11 – 11,01 V	18 23,1	+58° 54′	50 331,399	0,5508769	9,73	10,53	—	—	—	—	—
SX Дракона	SX Dra EA	9,8 – 11,6 vis	18 04,6	+58 24	48 179,381	5,169545	10,22	10,71	10,75	10,90	11,31	11,53	—
XZ Дракона	XZ Dra RR	9,59 – 10,65 V	19 09,7	+64 52	41 928,374	0,476497	8,82	9,38	9,99	10,32	—	—	—
V451 Змееносца	V451 Oph EA	7,88 – 8,43 V	18 29,2	+10 54	45 886,53335	2,19659557	6,80	7,41	8,22	8,70	9,72	—	—
VY Змеи	VY Scr RR	9,73 – 10,46 V	15 31,0	+01 41	48 356,4756	0,71409615	8,81	9,06	9,69	9,93	10,05	10,50	11,01
TV Кассиопеи	TV Cas EA	7,22 – 8,22 V	00 19,3	+59 08	44 602,4534	1,8125956	6,57	7,46	7,79	7,95	8,23	—	—
RR Кита	RR Cet RR	9,10 – 10,10 V	01 32,1	+01 21	50 749,4477	0,55302814	8,06	8,82	9,23	9,49	9,76	10,02	—
XZ Лебедя	XZ Cyg RR	8,90 – 10,16 V	19 32,5	+56 23	49 578,4389	0,46660651	8,65	9,15	9,56	9,68	9,89	10,10	10,41
CV Лебедя	CV Cyg EW	10,80 – 11,40 V	19 54,3	+38 03	49 133,4821	0,9834124	10,36	10,70	11,12	11,38	—	—	—

Продолжение таблицы 53

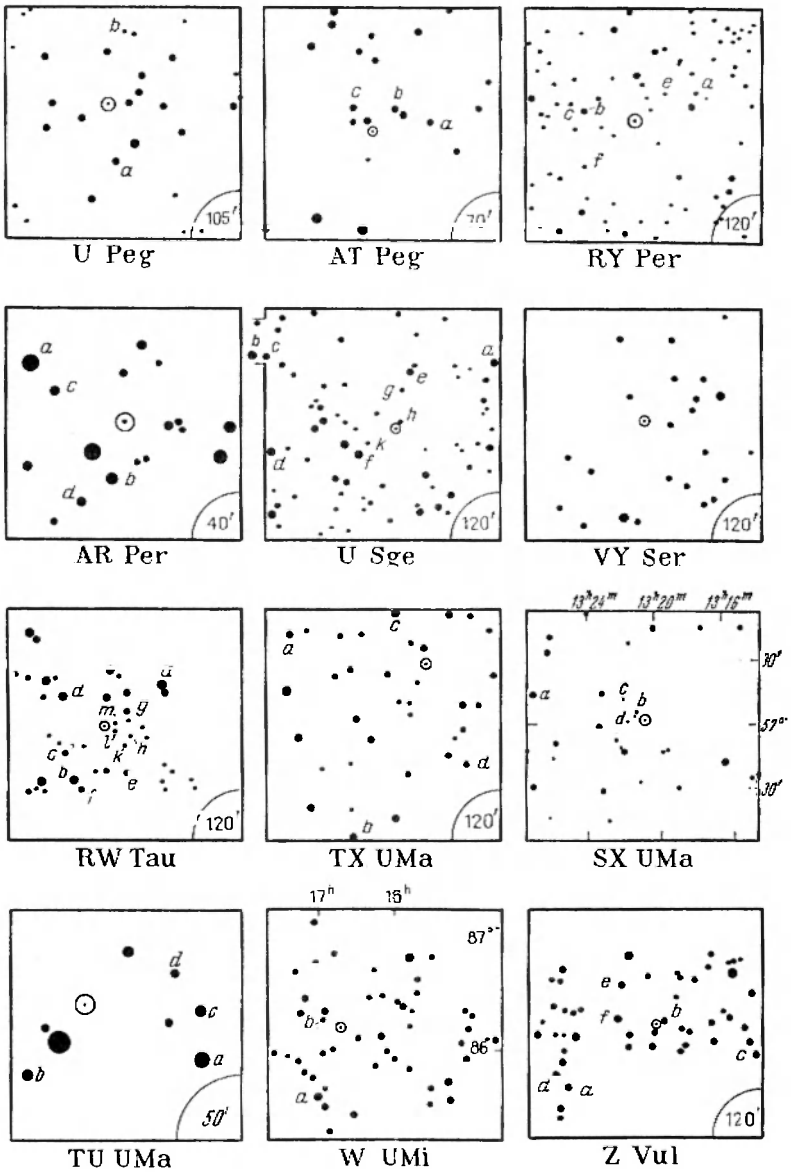
Звезда	Сокращенное обозначение и тип	Амплитуда	Координаты 2000.0		Световые элементы		Звезды сравнения						
			α	δ	эпоха (24...)	период (сут)	a	b	c	d	e	f	g
V477 Лебедя	V477 Cyg EA	8,50– 9,34 V	$20^h\,05{,}5^m$	+31 58	44 189,2639	2,3469906	7,70	8,46	8,90	9,30	—	—	—
RR Лиры	RR Lyr RR	7,06– 8,12 V	19 25,5	+42 47	46 654,368	0,566839	6,78	6,94	7,50	7,80	8,39	8,59	8,98
Z Лисички	Z Vul EA	7,25– 8,90 V	19 21,7	+25 35	42 947,4777	2,454934	6,01	7,03	7,17	7,35	8,48	9,28	—
UV Льва	UV Leo EA	8,90– 9,56 V	10 38,3	+14 16	46 155,42641	0,600085523	7,64	8,24	9,25	9,44	10,23	—	—
W М. Медведицы	W UMi EA	8,51– 9,59 V	16 08,5	+86 12	42 235,7289	1,7011383	8,79	9,88	—	—	—	—	—
X Овна	X Ari RR	8,97– 9,95 V	03 08,5	+10 27	51 165,298	0,651152	7,32	7,72	8,07	8,50	10,16	10,68	—
SS Овна	SS Ari EW	10,37–10,92 V	02 04,3	+24 00	50 043,2772	0,40598444	—	—	—	—	—	—	—
KO Орла	KO Aql EA	8,2 – 9,3 vis	18 47,2	+10 46	41 887,4724	2,864055	7,33	7,97	8,13	8,56	8,75	9,50	9,96
V822 Орла	V822 Aql EB	6,87– 7,44 V	19 31,3	−02 07	42 577,333	5,294950	—	—	—	—	—	—	—
U Пегаса	U Peg EW	9,23–10,07 V	23 58,0	+15 57	51 000,2713	0,37477746	9,82	10,81	—	—	—	—	—
AT Пегаса	AT Peg EA	8,97– 9,75 V	22 13,4	+08° 26′	45 219,8562	1,1460764	7,96	9,16	9,88	—	—	—	—
RT Персея	RT Per EA	10,46–11,74 V	03 23,7	+46 35	49 634,4624	0,84940032	8,81	10,51	11,00	11,41	12,09	12,40	12,93
RY Персея	RY Per EA	8,50–10,25 V	02 45,7	+48 09	41 655,790	6,863569	8,15	8,51	9,02	—	9,66	10,5	—
AR Персея	AR Per RR	9,92–10,83 V	04 17,3	+47 24	49 625,510	0,42554892	9,79	10,25	10,88	11,61	—	—	—
Y Рыб	Y Psc EA	9,0 –12,0 vis	23 34,4	+07 55	45 635,241	3,765767	9,16	9,78	10,12	10,35	10,70	11,29	11,30
SZ Рыб	SZ Psc EA	7,18– 7,72 V	23 13,4	+02 41	48 923,559	3,965704	8,00	9,13	9,67	10,27	—	—	—
U Сев. Короны	U CrB EA	7,66– 8,79 V	15 18,2	+31 39	42 946,728	3,4522279	6,80	7,88	8,44	9,08	—	—	—
T Секстанта	T Sex RR	9,81–10,32 V	09 53,5	+02 03	49 089,334	0,3247096	9,49	9,99	10,45	—	—	—	—
U Стрелы	U Sge EA	6,45– 9,28 V	19 18,8	+19 37	50 287,5178	3,38061933	5,96	6,30	7,00	7,78	8,12	8,52	9,45
RW Тельца	RW Tau EA	7,98–11,59 V	04 03,9	+28 08	50 017,33548	2,768780	7,12	7,82	8,34	9,22	9,38	10,09	10,35
U Цефея	U Cep EA	6,75– 9,24 V	01 02,3	+81 53	49 602,5601	2,4930614	6,38	6,73	7,20	7,80	8,41	9,12	9,54
SU Цефея	SU Cep EB	9,2 –10,0 vis	21 46,7	+57 18	47 009,9154	0,9014011	8,96	9,25	9,88	10,34	10,79	10,95	—
RT Ящерицы	RT Lac EB	8,84– 9,89 V	22 01,5	+43 53	44 873,3648	5,0739496	8,3	9,1	10,0	—	—	—	—
SW Ящерицы	SW Lac EW	8,51– 9,39 V	22 53,7	+37 56	51 000,1656	0,32071552	7,96	8,16	9,17	9,46	—	—	—
AR Ящерицы	AR Lac EA	6,08– 6,77 V	22 08,7	+45 45	50 692,5174	1,983188	6,08	6,32	6,67	7,12	7,83	—	—
CM Ящерицы	CM Lac EA	8,18– 9,15 V	22 00,1	+44 33	48 097,5184	1,6046916	7,65	7,85	8,31	8,51	8,61	9,01	9,03



К табл. 53. Карты окрестностей переменных звезд. Север вверху



К табл. 53. Карты окрестностей переменных звезд. Север вверху



К табл. 53. Карты окрестностей переменных звезд. Север вверху

Таблица 54

Список некоторых ярких переменных звезд разных типов

В таблице даны: название переменной, координаты 2000 г., звездные величины (в системе V или визуальные — v), начальная эпоха и период (т. е. световые элементы). Звездочкой (*) отмечены цефеиды и затменные переменные, показывающие наиболее заметные изменения периода (в том числе из-за движения линии апсид). Для полуправильных переменных указан средний период (в некоторых случаях — один из нескольких выявленных); для полуправильных и неправильных переменных, а также для звезд типа UV Кита приведен спектральный класс. Карты окрестностей звезд типа U Близнецов и UV Кита подготовлены Н. Е. Курочкиным.

Звезда	α	δ	m	Эпоха, 24...	Период
1. Цефеиды (даны начальные эпохи максимума блеска)					
η Aql*	$19^h\ 52{,}5^m$	$+01^\circ\ 00'$	$3{,}5^m - 4{,}4^m$ V	48 801,886	$7{,}17685^d$
RT Aur*	06 28,6	+30 30	5,0 – 5,8 V	49 090,790	3,728471
SU Cas	02 52,0	+68 53	5,7 – 6,2 V	41 645,910	1,949322
SZ Cas*	02 27,2	+59 28	9,6 – 10,0 V	44 908,810	13,637747
DL Cas	00 30,0	+60 12	8,6 – 9,2 V	44 948,465	8,000610
CR Cep	22 46,4	+59 27	9,4 – 9,8 V	45 267,580	6,232870
δ Cep*	22 29,2	+58 25	3,5 – 4,4 V	50 000,977	5,366316
X Cyg	20 43,4	+35 35	5,8 – 6,9 V	50 007,657	16,385692
SU Cyg[1]	19 44,8	+29 16	6,4 – 7,2 V	50 100,769	3,845512
DT Cyg*	21 06,5	+31 11	5,6 – 6,0 V	50 102,487	2,499086
W Gem*	06 35,0	+15 20	6,6 – 7,4 V	50 003,897	7,913277
ζ Gem*	07 04,1	+20 34	3,6 – 4,2 V	50 108,930	10,149414
T Mon	06 25,2	+07 05	5,6 – 6,6 V	47 891,820	27,02446
AU Peg*[2]	21 24,0	+18 17	8,9 – 9,5 V	48 801,968	2,412
S Sge*	19 56,0	+16 38	5,2 – 6,0 V	50 004,834	8,382184
Y Sgr	18 21,4	−18 52	5,2 – 6,2 V	47 967,498	5,773376
SZ Tau*	04 37,2	+18 33	6,3 – 6,7 V	50 013,568	3,14907
T Vul	20 51,5	+28 15	5,4 – 6,1 V	50 003,860	4,435453
SV Vul*	19 51,5	+27 28	6,7 – 7,8 V	50 013,768	44,9558
2. Переменные типа Миры Кита (дата максимума блеска)					
R Aqr[3]	23 43,8	−15 17	5,8 – 12,4 v	48 620	388,9
T Cep	21 09,5	+68 29	5,2 – 11,3 v	50 550	402,2
o Cet[4]	02 19,3	−02 59	2,0 – 10,1 v	50 820	332,3
χ Cyg	19 50,6	+32 55	3,3 – 14,2 v	51 528	408,2
R Hya	13 29,7	−23 17	3,5 – 10,9 v	50 571	388,9
R Leo	09 47,6	+11 26	4,4 – 11,3 v	49 493	313,9
3. Затменные переменные (дата минимума блеска)					
WW Aur	06 32,5	−32 27	5,8 – 6,5 V	32 945,539	2,52501922
AR Aur	05 18,3	+33 46	6,1 – 6,8 V	38 402,185	4,1346662
RZ Cas	02 48,9	+69 38	6,2 – 7,7 V	48 960,212	1,1952572
Y Cyg*	20 52,1	+34 39	7,3 – 7,9 V	49 574,448	2,9963992
V367 Cyg	20 48,0	+39 17	6,7 – 7,6 V	37 390,855	18,59773
W Del	20 37,7	+18 17	9,7 – 12,3 V	49 653,358	4,806099

Продолжение таблицы 54

Звезда	α	δ	m	Эпоха 24...	Спектр
δ Lib	$15^h\ 01{,}0^m$	$-08°\ 31'$	$4{,}9^m - 5{,}9^m$ V	$42\,960{,}699^d$	2,3273543
β Lyr*	18 50,1	+33 22	3,3 – 4,4 V	48 990,54	12,93784
U Oph	17 16,5	+01 13	5,8 – 6,5 V	44 416,386	1,67734617
β Per	03 08,2	+40 57	2,1 – 3,4 V	45 641,514	2,86731077

4. Полуправильные и неправильные красные переменные

Звезда	α	δ	m	Средний период	Спектр
UU Aur	$06^h\ 36{,}5^m$	$+38°\ 27'$	$5{,}1^m - 6{,}8^m$ v	234^d	C5,3–C7,4
W CMa	07 08,1	−11 55	6,3 – 7,9 V	irr	C6,3
Y CVn	12 42,8	+45 43	4,8 – 7,3 V	157	C5,4J
μ Cep	21 43,5	+58 47	3,4 – 5,1 V	730	M2ela
W Cyg	21 36,0	+45 22	5,0 – 7,6 v	131,1	M4e–M6eIII
AF Cyg	19 30,2	+46 09	6,0 – 8,5 v	92,5	M5e–M7
U Del	20 45,5	+18 05	5,6 – 7,8 v	110:	M5II–III
RY Dra	12 56,4	+66 00	6,0 – 8,0 V	200:	C4,5J
UX Dra	19 21,6	+76 34	5,9 – 7,1 V	168	C7,3
Z Eri	02 47,9	−12 28	6,1 – 7,6 v	80	M4III
BU Gem	06 12,3	+22 55	5,7 – 8,1 V	irr	M1–M2Ia–Iab
X Her	16 02,7	+47 14	5,8 – 7,6 v	95,0	M6e
α Her	17 14,6	+14 23	2,7 – 4,0 V	350:	M5Ib–II
g Her	16 28,6	+41 53	4,3 – 6,3 v	89,2	M6III
U Hya	10 37,6	−13 23	4,6 – 5,8 v	450:	C6,5,3
R Lyr	18 55,3	+43 57	3,9 – 5,0 V	53,2	M5III
U Mon[5)]	07 30,8	−09 47	5,4 – 7,9 V	91,32	F7–K1Iab+A0V
α Ori	05 55,2	+07 24	0,0 – 1,3 v	2335:	M1–M2Ia–Ibe
TW Peg	22 04,0	+28 21	7,0 – 9,2 v	929,3	M6–M8
ρ Per	03 05,2	+38 50	3,3 – 4,0 V	50:	M4IIb–IIIa

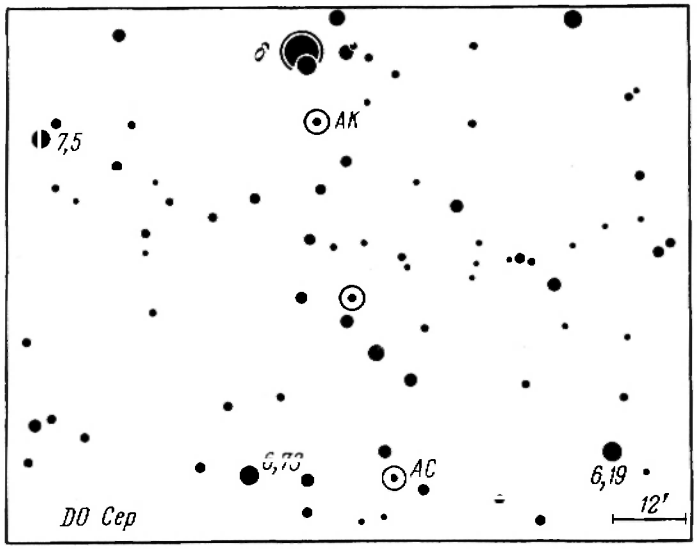
5. Переменные звезды типа U Близнецов

Звезда	α	δ	m	Средний цикл
SS Aur	$06^h\ 13{,}4^m$	$+47°\ 44'$	$10{,}3^m - 15{,}8^m$ v	$(55{,}5)^d$
SS Cyg	21 42,7	+43 35	7,7 – 12,4 v	(49,5)
U Gem	07 55,1	+22 00	8,2 – 14,9 v	(105,2)
RU Peg	22 14,0	+12 42	9,0 – 13,2 v	(74,3)
SW UMa	08 36,7	+53 29	9,7 – 16,5 v	(460)

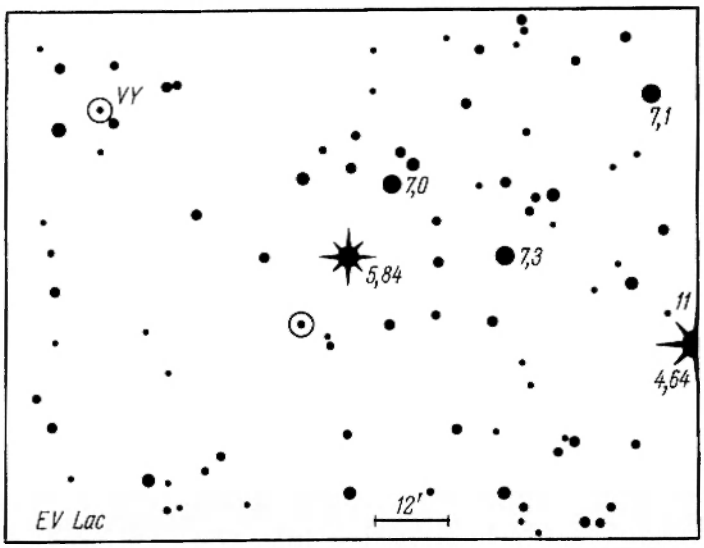
6. Вспыхивающие переменные звезды типа UV Кита

Звезда	α	δ	m	Спектр
DO Cep	$22^h\ 28{,}0^m$	$+57°\ 42'$	$10{,}3^m - 11{,}4^m$ v	M4,5Ve
UV Cet	01 39,0	−17 57	6,8 – 13,0 v	M5,5Ve
EV Lac	22 26,8	+44 20	9,0 – 10,2 V	M4,5Ve
AD Leo	10 19,6	+19 52	7,4 – 9,4 V	M4,5Ve
V371 Ori	05 33,7	+01 57	11 – 11,7 v	M2,5Ve

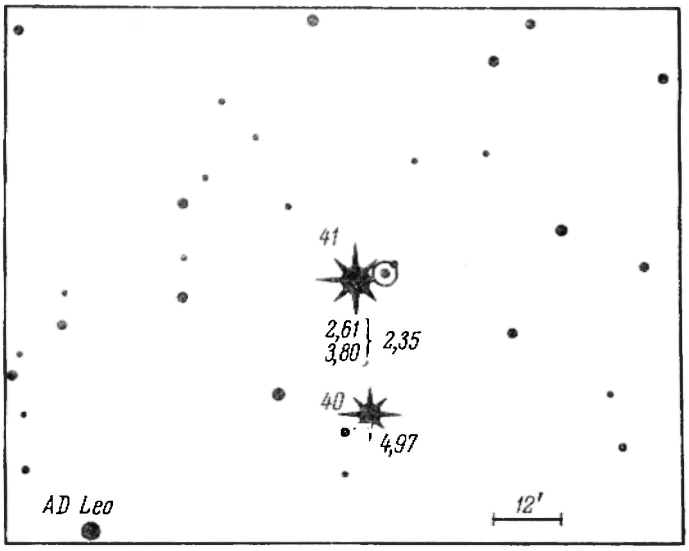
Примечания: 1) Спектрально-тройная система. 2) Возможно, цефеида сферической составляющей. 3) Симбиотическая мирида с резко переменной амплитудой. 4) Компонент визуальной двойной звезды ADS 1778; второй компонент = VZ Cet. 5) Тип RV Тельца.



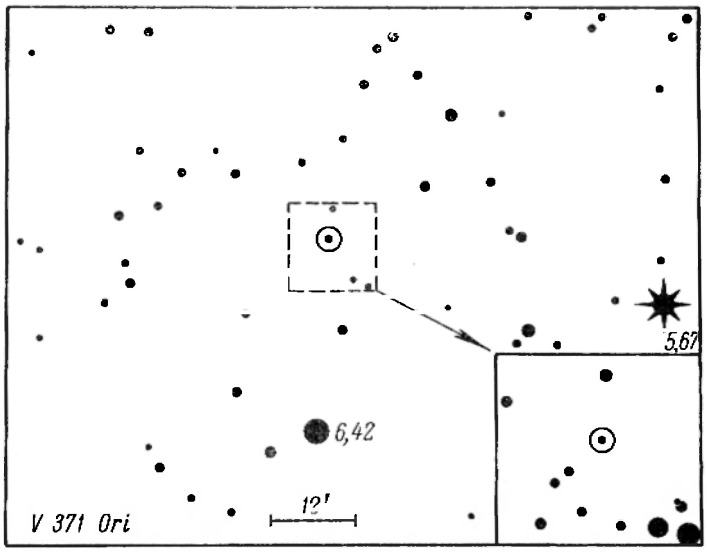
К табл. 54. Карта окрестностей переменной DO Cep



К табл. 54. Карта окрестностей переменной EV Lac



К табл. 54. Карта окрестностей переменной AD Leo



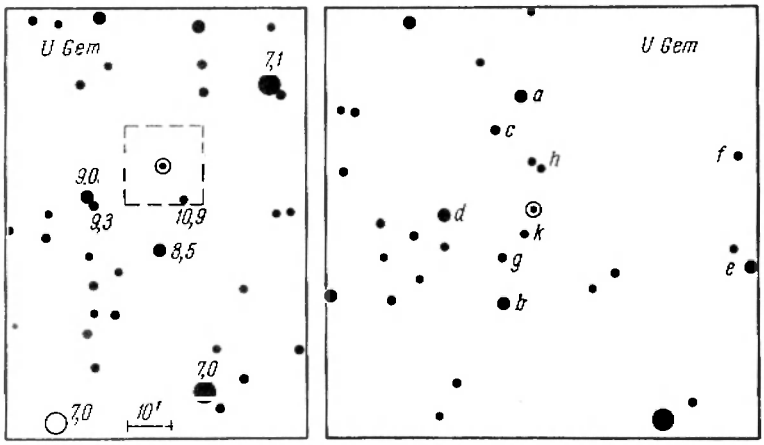
К табл. 54. Карта окрестностей переменной V 371 Ori

Таблица 5

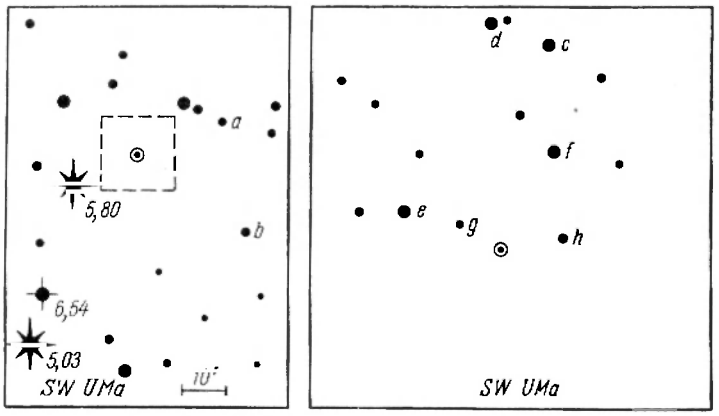
Звезды сравнения (m_{vis}) для переменных U Gem и вспыхивающих переменных звезд

Звезда	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	*k*
U Близнецов	$11{,}45^m$	$11{,}64^m$	$11{,}70^m$	$12{,}02^m$	$12{,}6^m$	$13{,}0^m$	$13{,}13^m$	$13{,}76^m$	$14{,}5^m$
SW Б. Медведицы	10,17	11,28	11,56	11,57	12,16	12,55	13,60	14,70	—
SS Возничего	10,98	11,19	11,30	12,10	12,93	13,18	13,21	16,00*)	—
SS Лебедя	8,51	8,6	8,9	9,62	9,86	10,92	11,01	11,44	12,31
RU Пегаса	8,6	11,2	11,2	11,5	12,0	12,5	12,7	13,1	14,0
UV Кита	7,3	9,1	10,4	12,0	12,0	12,6	13,0	13,1	14,4

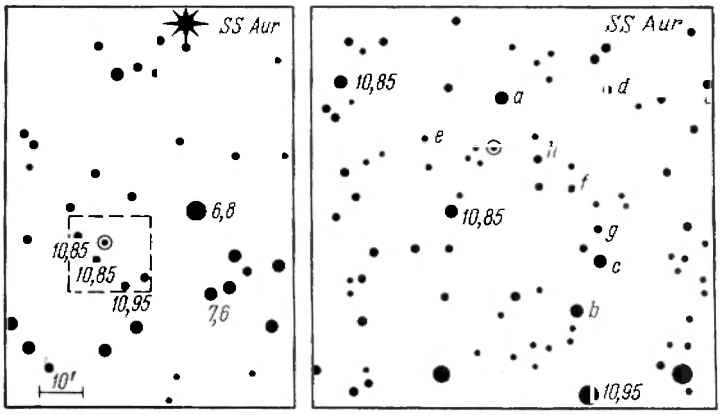
*) Фотографическая звездная величина.



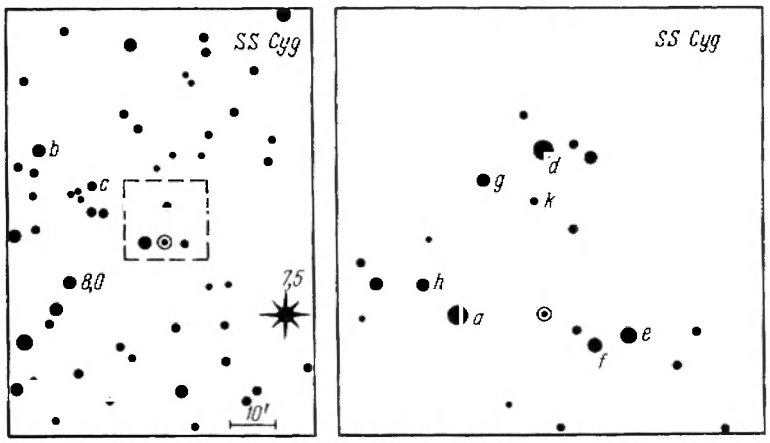
К табл. 55. Карта окрестностей переменной U Gem (штриховыми линиями отмечены области, охваченные более подробными картами справа)



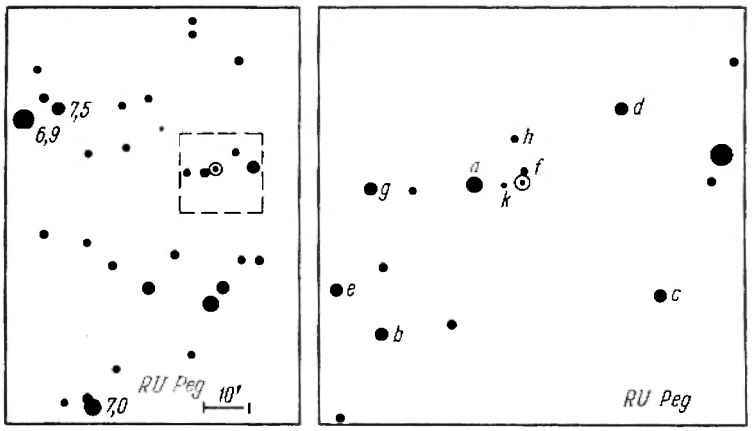
К табл. 55. Карта окрестностей переменной SW UMa



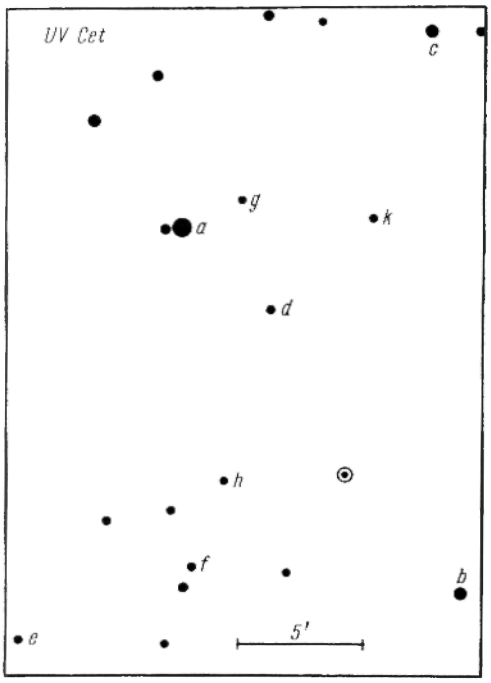
К табл. 55. Карта окрестностей переменной SS Aur



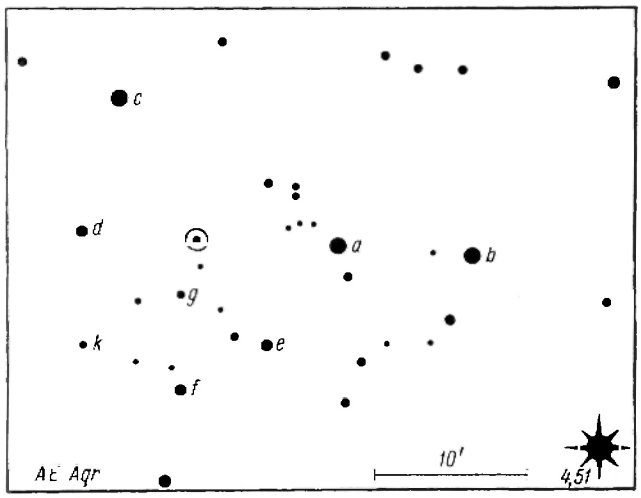
К табл. 55. Карта окрестностей переменной SS Cyg



К табл. 55. Карта окрестностей переменной RU Peg



К табл. 55. Карта окрестностей переменной UV Cet



К табл. 55. Карта окрестностей переменной AE Aqr

Таблица 56

Яркие галактические рассеянные скопления

NGC — номер по каталогу Дрейера, M — по каталогу Мессье (NGC 2632 = M 44 = Ясли, Praesepe); координаты эпохи J2000.0; видимый диаметр скопления в угловых минутах; m_V инт. — интегральный визуальный блеск скопления (p — фотографический); расстояние в парсеках; m_V ярч. зв. — визуальный блеск ярчайшей звезды скопления; N — количество известных звезд скопления; Спектр — спектральный класс ярчайшей звезды; T — приблизительный возраст скопления в миллионах лет. *Данные по*: Sky Catalogue 2000.

NGC	M	Созв.	α	δ	Диам.	m_V, инт.	Расст., пк	m_V, ярч. зв.	N	Спектр	T, млн лет
457	—	Cas	$1^h\ 19{,}1^m$	+58° 20′	13′	6,4	2800	8,59	80	B2	25
581	103	Cas	1 33,2	+60 42	6	7,4	2600	10,55	25	B2	22
869	—	h Per	2 19,0	+57 09	30	4,3p	2200	6,55	200	B0	5,6
884	—	χ Per	2 22,4	+57 07	30	4,4p	2300	8,05	150	B0	3,2
1039	34	Per	2 42,0	+42 47	35	5,2	440	7,33	60	B8	190
Плеяды	45	Tau	3 47,0	+24 07	110	1,2	125	2,87	100	B5	78
Гиады	—	Tau	4 27:	+16:	330	0,5	46	3,40	90	A2	660
1912	38	Aur	5 28,7	+35 50	21	6,4	1320	9,53	100	B4	220
1960	36	Aur	5 36,1	+34 08	12	6,0	1270	8,86	60	B2	25
2099	37	Aur	5 52,4	+32 33	24	5,6	1350	9,21	150	B9	300
2168	35	Gem	6 08,9	+24 20	28	5,1	870	8,18	200	B3	110
2287	41	CMa	6 46,0	−20 44	38	4,6	700		100	A0	
2281	—	Aur	6 49,3	+41 04	15	5,4	500	7,30	30	A0	300
2447	93	Pup	7 44,6	−23 52	22	6,2:	1100	8,20	80	B9	98
2632	44	Cnc	8 40,1	+19 59	95	3,1	160	6,30	50	A0	660
2682	67	Cnc	8 50,4	+11 49	30	6,9	800	9,69	200	B8	3200
3114	—	Car	10 02,7	−60 07	35	4,2	900	7,31		B9	110
3532	—	Car	11 06,4	−58 40	55	3,0	410	7,08	150	B5	270
3766	—	Cen	11 36,1	−61 37	12	5,3	1700	7,18	100	B0	22
4349	—	Cru	12 24,5	−61 54	16	7,4	1700	10,88	30	B8	220
4755	—	κ Cru	12 53,6	−60 20	10	4,2	2340	5,75		B2	7,1
6231	—	Sco	16 54,0	−41 48	15	2,6	1800	4,71		O8	3,2
6242	—	Sco	16 55,6	−39 30	9	6,4	1200	7,28		B5	51
6405	6	Sco	17 40,1	−32 13	15	4,2	600	6,17	80	B5	51
6416	—	Sco	17 44,4	−32 21	18	5,7	800	8,43	40	A0	
6475	7	Sco	17 53,9	−34 49	80	3,3	240	5,60	80	B8	220
6494	23	Sgr	17 56,8	−19 01	27	5,5	660	9,21	150	B9	220
6520	—	Sgr	18 03,4	−27 54	6	7,6p	1650	9p	60	O	54
6531	21	Sgr	18 04,6	−22 30	13	5,9	1300	7,25	70	B0	4,6
6603	24	Sgr	18 18,4	−18 25	5	11,1p	2880	14p	100	B9	
6611	16	Ser	18 18,8	−13 47	7	6,0	2500	8,21		O6	5,5
6645	—	Sgr	18 32,6	−16 54	10	8,5p		12p	40	B9	
6705	11	Sct	18 51,1	−6 16	14	5,8	1720	8,00		B8	220
6939	—	Cep	20 31,4	+60 38	8	7,8	1250	11,91	80	B8	1800
7092	39	Cyg	21 32,2	+48 26	32	4,6	270	6,83	30	A0	270
7654	52	Cas	23 24,2	+61 35	13	6,9	1600	8,22	100	B6	35

Таблица 57

Звездные ассоциации

R — расстояние от Солнца, N — число ярких звезд, отнесенных к ассоциации. Номера скоплений даны по NGC. В скобках указан спектральный класс наиболее массивной звезды скопления или ассоциации. Знак вопроса означает сомнение в генетической связи данного скопления с ассоциацией. Сокращения: тум. — диффузная туманность; А. — ассоциация.

OB-ассоциации

Название	Координаты центра				R, (кпк)	Размер		N	Скопления/звезды
	α	δ	l	b		угл. (°)	лин. (пк)		
Cep OB4	0^h02^m	+67,6°	118,2°	+5,2°	0.69	4 × 3,5°	48×42	44	A.(O7)
Cas OB4	0 28	+62,7	120,3	−0,1	2,75	5,5×3	260×140	29	103? 146? King 14? (все B3)
Cas OB7	0 53	+64,0	123,1	+1,1	1,8	3	95	40	King 16? Berkeley 62? A.(O6)
Cas OB8	1 46	+61,3	129,5	−0,9	1,9	3×2	100×70	43	581, 654, 659, 663; A.(O7.5)
Per OB1	2 15	+57,3	134,0	−3,8	2,29	8×6	320×240	65	869, 884 [h χ Per] (B0); A.(O5.5)
Cas OB6	2 43	+61,4	135,9	+1,4	2.40	6	250	25	IC1805 (8 O-звезд)
Per OB3	3 28	+49,9	147,0	−5,5	0,17	—	—	—	/α, Δ Per
Per OB2	3 42	+33,4	159,2	−17,1	0,40	8×5	56×35	4	/ζ, o, χ Per
Aur OB2	5 28	+34,9	173,0	+0,1	3,16	—	—	8	1893, IC 410
Aur OB1	5 22	+33,9	173,1	−1,6	1,32	6×5	140×120	10	1912, 60; 1931?
Gem OB1	6 10	+21,6	189,1	+1,1	1,51	5	130	17	2175?
Ori OB1	5 31	−2,7	206,0	−19,0	0,46	16	130	15	Трапеция/θ, β, γ, δ, ϵ Ori
Mon OB1	6 33	+8,8	203,0	0,0	0,55	14×5	135×48	1	2264/S Mon
Mon OB2	6 37	+4,8	207,0	−1,0	1,51	6×4	160×110	17	2244/Звезда Пласкетта
CMa OB1	7 07	−10,5	224.0	−1,3	1,32	4	92	7	2335, 53; 2343?
Pup OB1	7 55	−27,1	244,0	+0,5	2,51	4×3	180×130	7	2467?
Vel OB1	8 50	−45,0	265,0	−0,7	1,40	6×4	150×100	16	2659?
Car OB1	10 47	−59,1	287,5	0,0	2,51	2×1	90×48	21	3293; IC 2581?
Car OB2	11 06	−59,9	290,1	+0,3	2.0	6×3	190×90	14	3572, Tr 18
Cen OB1	13 05	−62,1	304,5	+0,8	2,51	6	260	21	4755/χ Cru
Sco-Cen	16	−25	348,2	+20,9	0,16	Солнце	внутри?	—	IC 2602?/α Car, α CMa, α Eri
Ara OB1	16 40	−46,8	338,0	0,0	1,38	4,5×3	110×70	—	6169, 93/μ Nor
Sco OB1	16 54	−42,0	343.3	+1,2	1,91	1,5×1	53×37	28	6231/ζ^1 Sco
Sco OB2	16 15	−25,9	350,1	+17,8	0,16	—	—	3	/α, β^1, δ Sco
Sgr OB1	18 08	−21,5	9,0	−0,6	1,58	9,5×4	260×110	17	6514, 30-1/μ Sgr
Sgr OB4	18 14	−19,1	11,8	−0,8	2,4	—	—	7	6603
Ser OB1	18 21	−14,6	16,5	0,0	2,19	5×3	190×110	18	6611
Ser OB2	18 19	−12,0	18,6	+1,7	2.0	8	280	15	6604?
Vul OB1	19 44	+24,2	60,3	+0,2	2,5	3,5×1,5	150×70	12	6823 (O7), 6830 (B6)? 6820–тум.

Продолжение таблицы 57

Название	Координаты центра				R, (кпк)	Размер		N	Скопления/звезды
	α	δ	l	b		угл. (°)	лин. (пк)		
Cyg OB3	20 05	+35,8	72,6	+2,3	1,74	3,5×1,5	110×45	30	6871(O6,5); A.(O4)/Cyg X-1
Cyg OB1	20 18	+37,6	75,5	+1,1	1,26	4×3,5	88×77	68	6913 (O9.5), IC 4996 (B0)? A.(O5)
Cyg OB9	20 23	+39,9	78,0	+1,5	1,0	2,5×1,5	45×26	24	6910
Cyg OB2	20 32	+41,3	80,1	+1,0	1,70	0,7	20	15	A.(O3)
Cyg OB7	21 03	+49,7	90,0	+2,1	0,83	11	150	9	7039 (B5)? Cocoon Neb./α Cyg
Cep OB2	21 48	+61,1	102,5	+5,7	0,95	10	170	17	Tr37(O6,5); 7160(B1); IC1396/μ, ν, λ Cep
Cep OB1	22 25	+55,2	103.0	−1,9	2,75	11×4	530×190	28	Две ассоциации?/ β Cep
Lac OB1	22 43	+44,1	99,9	−12,9	0,5	16	140	29	A.(O9,5)
Cep OB3	23 02	+63,3	111,0	+3,0	0,72	3,5×1,5	44×19	29	A.(O7)
Cas OB2	23 16	+61,1	111,7	+0,3	2.19	6×4	230×150	—	7510 (O9)
Cas OB5	23 59	+60,4	116,5	−1,8	2,0	4×3	140×100	15	7788 (B1)?/ρ Cas

T-ассоциации

Название	Координаты		Расстояние, пк	Диаметр		N	Скопления/звезды
	l	b		°	пк		
Per T2	161°	−18°	380	0,4	2,7	16	IC 348/
Tau T1	169	−16	200	3	11	15	/RY Tau
Tau T2	179	−20	170	6	18	12	/T Tau
Tau T3	174	−15	170	5	15	49	/UZ Tau
Aur T1	172	−7	170	9	27	15	/RW Aur
Ori T1	193	−12	400	4	30	49	/CO Ori
Ori T2	209	−20	400	4	30	450	/T Ori
Ori T3	206	−16	400	4	30	102	2024/σ, ζ Ori
Ori T4	197	−10	400	3	21	28	/FU Ori
Ori T8	205	−15	400	2	15	45	2068, 2071/
Mon T4	202	0	800	1	14	16	2169, 2245/
Mon T2	206	−2	1660	0,5	14	16	2244/
Mon T1	203	+2	800	3	42	198	2264/S Mon
Sco T1	354	+18	210	9	33	33	/α Sco, ρ Oph
Sgr T2	6	−1	1300	1	23	85	6530, M8/
Ser T1	17	+1	2300	0,2	8	61	6611/
Cyg T1	85	0	600	1	10	21	IC 5070/
Cep T2	100	+4	480	3	25	125	IC 1396/
Cyg T3	94	−6	1000	0,2	3	38	IC 5146/

Таблица 58

Яркие шаровые скопления Галактики

Диам. — наблюдаемый диаметр скопления, *Sp* — интегральный спектр, *R* — расстояние от Солнца, V_r — лучевая скорость относительно солнечного стандарта покоя (т. е. исправленная за движение Солнца к апексу), M_v — интегральная абсолютная звездная величина, $(B-V)_0$ — исправленный за межзвездное покраснение показатель цвета, *l* и *b* — галактическая долгота и широта.

Источники: Catalog of parameters for Milky Way globular clusters by W. E. Harris, 1994; Sky Catalogue 2000.

NGC	М/др.	α	δ	Созв.	l	b	Диам.	V	$B-V$	*Sp*	R, (кпк)	V_r, (км/с)	M_v	$(B-V)_0$
104	47 Tuc	$0^h\ 24{,}1^m$	−72° 05′	Tuc	306°	−45°	30,9	4,03	0,89	G3	4,1	−28	−9,43	0,85
288		0 52,8	−26 35	Scl	152	−89	13,8	8,10	0,66		8,1	−54	−6,60	0,63
362		1 03,2	−70 51	Tuc	302	-46	12,9	6,58	0,76	F8	8,0	+213	−8,32	0,72
1851		5 14,1	−40 03	Col	245	−35	11,0	7,30	0,78	F7	11,7	+302	−8,10	0,71
1904	M 79	5 24,5	−24 33	Lep	227	−29	8,7	8,00	0,63	F6	12,2	+188	−7,65	0,62
2808		9 12,0	−64 52	Car	282	−11	13,8	6,30	0,93	F8	8,9	+86	−9,22	0,71
3201		10 17,6	−46 25	Vel	277	9	18,2	6,75	0,98	F7	4,9	+483	−7,40	0,76
4372		12 25,8	−72 40	Mus	301	−10	18,5	7,80	0,97	F5	4,6	+52	−7,10	0,52
4590	M 68	12 39,5	−26 45	Hya	300	36	12,0	8,20	0,63	F2	9,9	−97	−6,81	0,60
4833		12 59,6	−70 53	Mus	304	−8	13,5	7,35	0,96	F4	5,7	+196	−7,55	0,58
5024	M 53	13 12,9	+18 10	Com	333	80	12,6	7,72	0,64	F5	18,1	−72	−8,62	0,59
5139	ω Cen	13 26,8	−47 29	Cen	309	15	36,3	3,65	0,79	F6	5,0	+229	−10,27	0,68
5272	M 3	13 42,2	+28 23	CVn	42	79	16,2	6,35	0,69	F7	9,8	−137	−8,65	0,68
5286		13 46,4	−51 22	Cen	312	11	9,1	7,62	0,87	F6	9,0	+51	−7,99	0,60
5904	M 5	15 18,6	+2 05	Ser	4	47	17,4	5,75	0,71	F6	7,0	+55	−8,76	0,68
5986		15 46,1	−37 47	Lup	337	13	9,8	7,12	0,90	F6	10,0	+98	−8,78	0,63
6093	M 80	16 17,0	−22 59	Sco	353	20	8,9	7,20	0,85	F7	8,4	+18	−8,08	0,64
6121	M 4	16 23,6	−26 32	Sco	351	16	26,3	5,93	1,03	F8	2,1	+80	−6,80	0,68
6171	M 107	16 32,5	−13 03	Oph	3	23	10,0	8,13	1,14	G0	6,0	−21	−6,90	0,77
6205	M 13	16 41,7	+36 28	Her	59	41	16,6	5,86	0,69	F5	6,8	−228	−8,49	0,67
6218	M 12	16 47,2	−1 57	Oph	16	26	14,5	6,60	0,82	F7	5,5	−28	−7,70	0,63
6254	M 10	16 57,1	−4 06	Oph	15	23	15,1	6,57	0,92	F5	4,1	+91	−7,48	0,66

NGC	M/др.	α	δ	Созв.	l	b	Диам.	V
6266	M 62	$17^h\ 01.2^m$	−30° 07′	Oph	354°	7°	14,1′	6,60
6273	M 19	17 02,6	−26 16	Oph	357	9	13,5	7,15
6293		17 10,2	−26 35	Oph	358	8	7,9	8,2:
6341	M 92	17 17,1	+43 08	Her	68	35	11,2	6,52
6333	M 9	17 19,2	−18 31	Oph	6	11	9,3	7,9:
6352		17 25,5	−48 25	Ara	341	−7	7,1	8,15
6362		17 31,9	−67 03	Ara	326	−18	10,7	8,30
6388		17 36,3	−44 44	Sco	346	−7	8,7	6,85
6402	M 14	17 37,6	−3 15	Oph	21	15	11,7	7,56
6397		17 40,7	−53 40	Ara	338	−12	25,7	5,65
6441		17 50,2	−37 03	Sco	354	−5	7,8	7,42
6544		18 07,3	−25 00	Sgr	6	−2	8,9	8,25
6541		18 08,0	−43 42	CrA	349	−11	13,1	6,64
6553		18 09,3	−25 54	Sgr	5	−3	8,1	8,25
6626	M 28	18 24,5	−24 52	Sgr	8	−6	11,2	6,9:
6637	M 69	18 31,4	−32 21	Sgr	2	−10	7,1	7,70
6656	M 22	18 36,4	−23 54	Sgr	10	−8	24,0	5,10
6681	M 70	18 43,2	−32 18	Sgr	3	−13	7,8	8,08
6712		18 53,1	−8 42	Sct	25	−4	7,2	8,21
6715	M 54	18 55,1	−30 29	Sgr	6	−14	9,1	7,70
6723		18 59,6	−36 38	Sgr	0	−17	11,0	7,32
6752		19 10,9	−59 59	Pav	337	−26	20,4	5,40
6779	M 56	19 16,6	+30 11	Lyr	63	8	7,1	8,25
6809	M 55	19 40,0	−30 58	Sgr	9	−23	19,0	6,95
6838	M 71	19 53,8	+18 47	Sge	57	−5	7,2	8,30
7078	M 15	21 30,0	+12 10	Peg	65	−27	12,3	6,35
7089	M 2	21 33,5	−0 49	Aqr	53	−36	12,9	6,50
7099	M 30	21 40,4	−23 11	Cap	27	−47	11,0	7,50

Продолжение таблицы 58

$B-V$	Sp	R, (кпк)	V_r, (км/с)	M_v	$(B-V)_0$
1,17	F8	6,6	−59	−8,78	0,71
1,00	F6	8,3	+140	−9,20	0,62
0,98	F4	8,6	−88	−7,2	0,64
0,62	F2	8,0	−102	−7,98	0,61
0,94	F4	8,1	+242	−7,4	0,58
1,06	G4	5,6	−110	−6,32	0,81
0,85	G3	7,2	−15	−6,35	0,73
1,17	G3	11,4	+87	−9,98	0,85
1,28	F6	8,4	−95	−9,34	0,70
0,75	F5	2,2	+21	−6,65	0,57
1,28	G3	9,2	+26	−9,08	0,83
1,36	F9	2,4	−5	−7,10	0,73
0,77	F6	7,2	−148	−7,96	0,64
1,62	G4	4,1	−16	−8,15	0,83
1,10	F8	5,6	+27	−8,1	0,77
0,99	G4	8,3	+49	−7,90	0,82
0,99	F5	3,0	−137	−8,45	0,64
0,71	F8	8,6	+228	−7,32	0,64
1,16	G0	6,4	−93	−7,30	0,81
0,85	F7	20,0	+141	−9,41	0,71
0,75	G1	8,0	−74	−7,48	0,72
0,65	F6	3,8	−27	−7,80	0,62
0,86	F5	9,7	−117	−7,35	0,64
0,69	F4	5,1	+184	−6,85	0,62
1,13	G2	3,6	−6	−5,60	0,85
0,68	F3	9,8	−94	−8,91	0,56
0,67	F3	11,1	+4	−8,95	0,61
0,58	F3	7,6	−179	−7,10	0,57

Таблица 59

Яркие галактические планетарные туманности

Координаты J2000.0; диаметр туманности в угл. секундах; $m(pg)$ — полный фотографический блеск; m_V — визуальный (или в фильтре B) блеск центральной звезды. *Данные по*: Sky Catalogue 2000. Тип по Б. А. Воронцову-Вельяминову: 1 — звездоподобная; 2 — ровный диск или овал (*a*, с поярчанием к центру; *b*, однородный; *c*, с поярчанием к краю); 3 — неправильный диск или овал (*a*, очень неоднородное распределение яркости; *b*, прослеживается кольцевая структура); 4 — кольцеобразная; 5 — неправильная, похожая на диффузную туманность; 6 — аномальная (в форме «S» или «8» и т. п.). Более сложные формы характеризуются суммой типов.

NGC	α	δ	Созв.	Диам.	$m(pg)$ тум.	Тип	Централ. звезда		Расст., кпк	Примечания
	h m	° ′		″			m_V	Спектр		
40	0 13,0	−72 32	Cep	>37	10,7	3b – 3	11,61	WC8	0,9	
246	0 47,0	−11 53	Cet	225	8.0	3b	11,94	OVI + K	0,4	
650–1	1 42,4	+51 34	Per	65 × 290	12,2	3 + 6	17,0:		1,1	M 76, «Малая гантель»
1535	4 14,2	−12 44	Eri	18×44	9,6	4 + 2c	12,24	O5		
2022	5 42,1	+9 05	Ori	>18	12.4	4 + 2	15,20	Cont	2,1	
IC 2149	5 56,3	+46 07	Aur	>8	11,2	3b + 2	11,59	O7,5p	1,0	
2392	7 29,2	+20 55	Gem	13 × 44	9,9	3b + 3b	10,47	O7f	0,9	«Клоун» или «Эскимос»
2438	7 41,8	−14 44	Pup	>66	10,1	4 + 2	17,7:	Cont	0,9	
2440	7 41,9	−18 13	Pup	14 × 32	10,8	5 – 3	14,32		1,1	
2867	9 21,4	−58 19	Car	11	9,7	4	13,56B	WC	1,7	
3132	10 07,0	−41 27	Vel	>47	8,2	4 + 2	10,07	A2V + sdO	0,8	
3242	10 24,8	−18 38	Hya	35 × 40	8,6	4 – 3b	12,0		0,8	«Призрак Юпитера»
3587	11 14,8	−55 01	UMa	194	12.0	3a	15,88		0,4	M 97, «Сова»
4361	12 24,5	−18 48	Crv	45 × 110	10.3	3a + 2	13,24	O6	0,8	
IC 4406	14 22,4	−44 09	Lup	>28	10,6	4 + 3	14,7B	WR	1,5	
6210	16 44,5	+23 49	Her	>14	9,3	2 + 3b	12,90	O3?	1,1	
6543	17 58,6	+66 38	Dra	18 × 350	8,8	3a – 2	11,44	O7 + WR	1,1	
6572	18 12,1	+6 51	Oph	8	9,0	2a	13,6	Of + WR	0,6	
6720	18 53,6	+33 02	Lyr	70 × 150	9,7	4 + 3	14,8	Cont	0,6	M 57, «Кольцо»
6818	19 44,0	−14 09	Sgr	>17	9,9	4	13,05	WNb?	1,6	
6826	19 44,8	+50 31	Cyg	30 × 140	9,8	3a + 2	10,44	O6fp	1,0	
6853	19 59,6	+22 43	Vul	350 × 910	7,6	3 – 2	13,94	O7	0,3	M 27, «Гантель» (Dumbbell)
7009	21 04,2	−11 22	Aqr	25 × 100	8,3	4 – 6	11,5	Cont	0,9	«Сатурн»
7293	22 29,6	−20 48	Aqr	>769	7,5	4 + 3	13,47		0,1	«Улитка» (Helix)
7662	23 25,9	+42 33	And	20 × 130	9,2	4 + 3	13,17*v*?	Cont	1,2	«Голубой снежок»

Таблица 60

Яркие диффузные туманности

vdB — ван ден Берг; Sh — Шарплес; m_V и Спектр относятся к звезде, освещающей туманность (v — переменная). *Данные по*: Sky Catalogue 2000.

NGC	Созв.	α	δ	Размеры	m_V	Спектр	Примечания
IC 59	γ Cas	$0^h\,56{,}7^m$	$+61°\,04'$	10 × 5	2,47v	B0IVe	
1499	Per	4 00,7:	+36 37:	145 × 40	4,04	O7e	«Калифорния»
IC 2118	Eri	5 06,9:	−7 13:	180 × 60	0,12	B8Iae:	(Ригель), отражательная тум.
1976	θ^1 Ori	5 35,4	−5 27	66 × 60	2,9	OB	Большая тум. Ориона, M 42
1977	42 Ori	5 35,5	−4 52	20 × 10	4,59	B1V	
2070	30 Dor	5 38,7	−69 06	40 × 25			«Тарантул» в БМО
2024	ζ Ori	5 40,7	−2 27	30 × 30	2,05	O9.5Ibe	
2237–9	Mon	6 32,3	+5 03	80 × 60			«Розетка»
2261	R Mon	6 39,2	+8 44	2 × 1	10,0v		Переменная тум. Хаббла
2264	S Mon	6 40,9	+9 54	60 × 30	4,66v	O7Ve	«Конус»
IC 2177	Mon	7 05,1	−10 42	120 × 40	6,21	O7III	
3372	η Car	10 43,8	−59 52	120 × 120	6,21v		Включает тум. «Keyhole»
IC 2944	λ Cen	11 38,3	−63 22	75 × 50	3,13	B9III	
vdB 107	α Sco	16 29,2	−26 27	85 × 80	0,92	M1Ib + dB4	(Антарес)
6514	Sgr	18 02,6	−23 02	29 × 27	7,63	O5e	«Тройная» (Trifid), M 20
6523	Sgr	18 03,8	−24 23	90 × 40			«Лагуна», M 8
6611	Ser	18 18,8	−13 47	35 × 28			«Орел», M 16
6618	Sgr	18 20,8	−16 11	46 × 37			«Омега», M 17
IC 1287	Sct	18 31,3	−10 50	44 × 34	5,5	B2V	
IC 1318	γ Cyg	20 14,3	+39 54	40 × 40	2,20	F8Ib	
6960	52 Cyg	20 45,7	+30 43	70 × 6			(Cirrus)
IC 5070	Cyg	20 50,8	+44 21	80 × 70			«Пеликан» вместе с IC 5067
6992	Cyg	20 56,4	+31 43	60 × 8			«Сеть»
7000	α Cyg	20 58,8:	+44 20:	120 × 100	5,96	O6V	«Сев. Америка»
Sh2–129	Cep	21 11,8	+59 57	100 × 65	5,64	B0II	

Таблица 61

Яркие галактики

Координаты J2000.0; m_B — интегральный блеск в фильтре B; D_{25} — макс. и мин. диаметры в угл. минутах по изофоте 25^m/кв. сек; если расстояние определялось по закону Хаббла, то использовалось $H = 75$ км/(с Мпк); M_B — абсолютная звездная величина; lg M — логарифм массы галактики в массах Солнца; V_r — лучевая скорость, исправленная за движение Солнца в Галактике (для перевода в гелиоцентрическую скорость нужно от указанной величины отнять 300 км/с $\sin l \cos b$, где l и b — галактическая долгота и широта объекта).

Морфологический тип: E — эллиптическая (цифрой указана степень сплюснутости); dE — карликовая эллиптическая; S0 — линзовидная; Sa, Sab, ..., Sd — спиральная (от ранних к поздним); Ir — неправильная; S — спиральная или неправильная; P — пекулярная. Дополнительно указано: B – наличие перемычки (бара); p — пекулярность; m — схожесть с Магеллановыми Облаками.

В Примечании указана принадлежность к скоплению, облаку, «отрогу» или группе галактик: V — Virgo Cluster, C — Coma/Sculptor Cloud, L — Local Group, T — Triangulum Spur, D — Dorado Cloud, U — Ursa Major Cloud, P — Pavo/Ara Cloud, F — Fornax Cluster, Leo — Leo Spur, Cet — Cetus/Aries Cloud.

Данные по: *Hirshfeld A., Sinnott R. W., Ochsenbein F.* Sky Catalogue 2000.0. 1992; *Tully R. B.* Nearby Galaxies Catalogue. Cambridge Univ. Press, 1988.

Продолжение таблицы 61

NGC	M	Созв.	α	δ	m_B	D_{25}	Тип	Расст.,	M_B	lg M	V_r,	Примечание
			h m	° ′		′ ′		Мпк			км/с	
55	—	Scl	0 14,9	−39 11	8,2	32 × 7	SBm	1,3	−18,1	9,9	98	C
205	110	And	0 40,4	+41 41	8,9	17 × 10	E6p	0,7	−15,6	—	1	L
221	32	And	0 42,7	+40 52	9,2	8 × 6	E2	0,7	−15,3	—	21	L
224	31	And	0 42,7	+41 16	4,4	178 × 63	Sb	0,7	−20,7	11,4	−59	L, «Андромеда»
247	—	Cet	0 47,1	−20 46	9,5	20 × 7	Sd	2,1	−18,0	10,0	180	C
253	—	Scl	0 47,6	−25 17	8,0	25 × 7	Scp	3,0	−20,0	10,9	259	C, «Монетка»
ММО	—	Tuc	0 52,7	−72 50	2,8	280 × 160	SBmp	0,1	−16,1	—	−30	L
300	—	Scl	0 54,9	−37 41	8,7	20 × 15	Sd	1,2	−16,9	9,9	97	C
IC 1613	—	Cet	1 04,8	+2 07	9,9	12 × 11	Ir(B)	0,7	−14,3	—	−125	L
598	33	Tri	1 33,9	+30 39	6,3	62 × 39	Sc	0,7	−18,3	10,1	2	L, «Треугольник»
628	74	Psc	1 36,7	+15 47	9,8	10 × 10	Sc	9,7	−20,3	—	793	T
Печь	—	For	2 39,9	−34 32	9,0	20 × 14	dE3	0,1	−11,1	—	−51	L, карлик в Печи
1068	77	Cet	2 42,7	−0 01	9,5	7 × 6	Sbp	14,4	−21,4	—	1134	Cet
1291	—	Eri	3 17,3	−41 08	9,4	11 × 9	SBa	8,6	−20,3	—	674	D
1313	—	Ret	3 18,3	−66 30	9,4	9 × 7	SBd	3,7	−18,6	10,3	241	C
1316	—	For	3 22,7	−37 12	9,8	7 × 6	S0p	16,9	−21,5	—	1632	F, Fornax A
IC 342	—	Cam	3 46,8	−68 06	9,1	18 × 17	S(B)c	3,9	−21,6	—	228	C
БМО	—	Dor	5 23,6	−69 45	0,6	650 × 550	SBm	0,1	−18,2	—	13	L
2403	—	Cam	7 36,9	+65 36	8,9	18 × 11	Sc	4,2	−19,7	10,7	259	C
2903	—	Leo	9 32,2	+21 30	9,6	13 × 7	Sbc	6,3	−19,9	10,9	467	Leo
3031	81	UMa	9 55,6	+69 04	7,9	26 × 14	Sb	1,4	−18,3	10,7	95	C, г-ка Боде
3034	82	UMa	9 55,8	+69 41	9,3	11 × 5	P	5,2	−19,4	—	388	C, «Сигара»
3115	—	Sex	10 05,2	−7 43	10,1	8 × 3	E6	6,7	−19,2	—	476	Leo, «Веретено»
3351	95	Leo	10 44,0	+11 42	10,5	7 × 5	S(B)b	8,1	−19,3	10,6	673	Leo
3368	96	Leo	10 46,8	+11 49	10,1	7 × 5	Sbp	8,1	−19,6	10,9	773	Leo
3379	105	Leo	10 47,8	+12 35	10,2	5 × 4	E1	8,1	−19,4	—	756	Leo
3521	—	Leo	11 05,8	−0 02	9,7	10 × 5	Sbc	7,2	−19,9	11,2	640	Leo
3556	108	UMa	11 11,5	+55 40	10,7	8 × 3	Sc	14,1	−20,8	10,8	772	U
3623	65	Leo	11 18,9	+13 05	10,2	10 × 3	Sb	7,3	−19,8	10,9	666	Leo
3627	66	Leo	11 20,2	+12 59	9,7	9 × 4	Sb	6,6	−19,7	10,7	583	Leo
3992	109	UMa	11 57,6	+53 23	10,6	8 × 5	S(B)b	17,0	−20,8	11,4	1149	U
4192	98	Com	12 13,8	+14 54	10,9	10 × 3	Sb	16,8	−21,1	11,2	−220	V
4214	—	CVn	12 15,6	+36 20	10,2	8 × 6	Ir	3,5	−17,6	9,6	309	C
4236	—	Dra	12 16,7	+69 28	10,1	19 × 7	SBdm	2,2	−17,3	9,8	160	C

Продолжение таблицы 61

NGC	M	Созв.	α h m	δ ° ′	m_B	D_{25} ′ ′	Тип	Расст., Мпк	M_B	lg M	V_r, км/с	Примечание
4254	99	Com	12 18,8	+14 25	10,4	5 × 5	Sc	16,8	−20,8	11,1	2324	V
4258	106	CVn	12 19,0	+47 18	9,0	18 × 8	Sbcp	6,8	−20,6	11,2	537	C
4303	61	Vir	12 21,9	+4 28	10,2	6 × 6	Sc	15,2	−20,7	—	1483	V
4321	100	Com	12 22,9	+15 49	10,1	7 × 6	Sc	16,8	−21,1	11,2	1543	V
4374	84	Vir	12 25.1	+12 53	10,3	5 × 4	E1	16,8	−21,0	—	854	V
4382	85	Com	12 25,4	+18 11	10,1	7 × 5	Ep	16,8	−21,1	—	718	V
4406	86	Vir	12 26,2	+12 57	10,1	7 × 6	E3	16,8	−21,2	—	−419	V
4449	—	CVn	12 28,2	+44 06	9,9	5 × 4	Ir(B)	3,0	−17,7	—	262	C
4472	49	Vir	12 29,8	+8 00	9,3	9 × 7	E4	16,8	−21,8	—	817	V
4486	87	Vir	12 30,8	+12 24	9,6	7 × 7	E1	16,8	−21,6	—	1180	V, Virgo A
4490	—	CVn	12 30,6	+41 38	10,2	6 × 3	Sc	7,8	−19,6	—	629	C
4501	88	Com	12 32,0	+14 25	10,3	7 × 4	Sbc	16,8	−21,2	11,4	1989	V
4548	91	Com	12 35,4	+14 30	11,0	5 × 4	SBb	16,8	−20,3	10,9	403	V
4552	98	Vir	12 35,7	+12 33	10,8	4 × 4	E0	16,8	−20,4	—	165	V
4569	90	Vir	12 36,8	+13 10	10,2	10 × 5	Sbc	16,8	−21,3	—	−383	V
4579	58	Vir	12 37,7	+11 49	10,6	5 × 4	Sb	16,8	−20,7	11,4	1730	V
4594	104	Vir	12 40,0	−11 37	9,3	9 × 4	Sb	20,0	−23,0	—	963	V, «Сомбреро»
4621	59	Vir	12 42,0	+11 39	10,8	5 × 3	E3	16,8	−20,5	—	341	V
4631	—	CVn	12 42,1	+32 32	9,8	15 × 3	Sc	6,9	−20,1	10,7	638	C
4649	60	Vir	12 43,7	+11 33	9,8	7 × 6	E1	16,8	−21,4	—	1128	V
4725	—	Com	12 50,4	+25 30	10,0	11 × 8	S(B)b	12,4	−20,7	11,5	1131	C
4736	94	CVn	12 50,9	+41 07	8,9	11 × 9	Sab	4,3	−19,4	10,8	329	C
4826	64	Com	12 56,7	+21 41	9,4	9 × 5	Sab	4,1	−19,2	—	377	C, «Подбитый глаз»
4945	—	Cen	13 05,4	−49 28	9,5	20 × 4	SBcd	5,2	−20,7	—	356	C
5055	63	CVn	13 15,8	+42 02	9,3	12 × 8	Sbc	7,2	−20,1	11,2	587	C, «Подсолнечник»
5128	—	Cen	13 25,5	−43 01	8,0	18 × 15	S0p	4,9	−21,0	—	323	C, Cen A
5194	51	CVn	13 29,9	+47 12	9,0	11 × 8	Sc	7,7	−20,8	—	565	C, «Водоворот»
5195	—	CVn	13 30,0	+47 16	10,5	5 × 4	P	9,3	−19,3	—	658	C, часть M51
5236	83	Hya	13 37,0	−29 52	8,2	11 × 10	Sc	4,7	−20,3	—	337	C
5457	101	UMa	14 03,2	+54 21	8,2	27 × 26	Sc	5,4	−20,5	—	388	C, «Вертушка»
6744	—	Pav	19 09,8	−63 51	9,0	16 × 10	S(B)b	10,4	−21,4	11,4	519	P
6822	—	Sgr	19 44,9	−14 48	9,4	10 × 10	Ir(B)	0,7	−15,6	—	65	L, г-ка Барнарда
6946	—	Cep	20 34,8	+60 09	9,7	11 × 10	Sc	5,5	−20,8	10,8	338	C
7793	—	Scl	23 57.8	−32 35	9,7	9 × 7	Sdm	2,8	−17,7	10,0	214	C

Таблица 62

Галактические источники радиоизлучения

Источники обозначены по Парксскому каталогу (PKS) (Austral. J. Phys. 17–19, 1965–1966), 3-му Кембриджскому каталогу (3C) (MRAS 68, 163, 1962) либо каталогу Вестерхаута (W) (BAN **14**, № 488, 1958). Координаты на эпоху J2000. Тип источника: SNR — остаток сверхновой, Neb — эмиссионная туманность (зона ионизованного водорода вокруг горячей звезды), PSR — пульсар. Потоки в янских (1 Ян = 10^{-26} Вт/м^2 Гц) на частотах 178, 408 и 1400 МГц (λ 169, 74 и 21 см). *Данные по*: Sky Catalogue 2000; Observer's Handbook 2001 (RAS Canada).

PKS (или W)	3C	α	δ	Созв. или обозн.	Тип	Плотность потока на частоте (МГц)			Примечания
		h m	° ′			178	408	1400	
	10	0 25,5	+64 11	Cas	SNR	145		45	Сверхновая Тихо (1572)
W 3		2 25,4	+62 06	Cas	Neb		80	150	Область IC 1795
	139,1	5 22,7	−34 03	Aur	Neb	22		23	Область IC 410
	144	5 34,5	+22 00	Tau A	SNR	1 530	1 200	926	M 1, Крабовидная тум.
		5 34,5	+22 01	Tau	PSR	10	0,8		Пульсар в Крабе
0532–054	145	5 35,3	−5 25	Ori A	Neb	100	450	410	M 42, тум. Ориона
0539–019	147,1	5 41,7	−1 54	Ori B	Neb	16	45	50	Область IC 434
	153,1	6 09,7	+21 11	Ori	Neb	21		29	NGC 2174–5
	157	6 17,6	+22 42	Gem	SNR	230	200	100	IC 443
		6 32,1	+4 51	Mon	Neb			200	Тум. «Розетка»
0822–428		8 24,1	−43 00	Pup A	SNR		198	18	
		8 34,5	−45 47	Vel	SNR		300		Vel X
		10 23,3	−57 46	Car	Neb		310	350	Gum 29
		10 44,4	−59 50	η Car	Neb		610	650	NGC 3372
		11 14,0	−61 17	Car	Neb		254	370	NGC 3603, RCW 57
		13 13,0	−62 40	Cen	Neb		230	260	RCW 74
		15 02,4	−42 06	Cen	SNR		17	4	
		17 20,3	−35 50	Sco	Neb		276	323	NGC 6334, RCW 127
W 22		17 25,6	−34 17	Sco	Neb		420	580	NGC 6357,
		17 46,1	−28 51	Sgr A			2 500	1 300	Центр Галактики
W 28		18 01,3	−23 24	Sgr	SNR		450		
		18 04,1	−24 24	Sgr	Neb		200		M 8, тум. «Лагуна»
		18 20,5	−16 05	Sgr	Neb		250		M 17, тум. «Омега»
W 43	390,2	18 47,8	−3 09	Aql	Neb	120		80	
W 44	392	18 56,1	+1 18	Aql	SNR	430	195	171	(Вместе с 4C +01,58)
W 49	398	19 11,1	−9 05	Aql	Neb	60	83	33	
1921+144	400	19 23,7	+14 30	Aql	Neb			576	W51
W 56	403,2	19 53,9	+32 02	Cyg	Neb	54		75	
W 63	409,1	20 19,6	+45 22	Cyg	Neb	250		170	Область Cyg X
W 66	410,1	20 21,4	+40 16	Cyg	Neb	440			Область Cyg X
W 70	415,1	20 32,8	+43 28	Cyg	Neb	26			Область Cyg X
W 71	416,1	20 35,0	+47 02	Cyg	Neb	65		70	Область Cyg X
W 73	416,2	20 35,8	+41 43	Cyg	Neb	170			Область Cyg X
W 75	419,1	20 40,9	+42 17	Cyg	Neb	80			Область Cyg X
		20 54,6	+44 20	Cyg	Neb		600		Тум. «Сев. Америка»
	461	23 23,4	+58 50	Cas A	SNR	12 000	5 500	2 240	

Таблица 63

Внегалактические источники радиоизлучения

В таблицу включены наиболее яркие внегалактические радиоисточники (с потоком более 100 Ян на одной из указанных частот), а также ряд замечательных источников. Обозначения столбцов — как в предыдущей таблице. Тип источника: S — спиральная галактика, E — эллиптическая галактика, D и cD — гигантская эллиптическая галактика, G — галактика неясного типа, QSO — квазар, Seyf — сейфертовская галактика. *Примечания*: ДВ — двойной источник. *Данные по*: Sky Catalogue 2000; Observer's Handbook 2001.

PKS	3C	α	δ	Созв. или обозн.	Тип	m_V	z	Плотность потока (Ян) на частоте (Мгц)					Примечание
		h m	° ′					178	408	1400	2700	5000	
0036−030		0 39,3	+3 20	Psc	S0	12,3	0,014	3,4	3,1	1,8	1,2	0,6	NGC 193
		0 40,2	−40 57	And A	Sb	4,4	—	200	80	20			M 31
0123−016	40	1 26,0	−1 21	Cet	cD4	12.3	0.018	25,9	16,4	5,2	2,2	1,8	Скопл. A194
	48	1 37,7	+33 09	Tri	QSO	16.2	0,367	51.0	34	16,1	9,0	5,4	ДВ?
0240−002	71	2 42,7	−0 01	Cet	Sbp	8,8	0,004	16,1	12,4	5.1	3,3	1,9	M 77
0305+039	78	3 08,4	+4 07	Cet	DE3	12,8	0.029	19.2	13,6	7,8	5,3	3,5	NGC 1218
	83,1	3 18,2	+41 55	Per	ED3	12,5	0,025	30	9,5	8,4	3,6	1,8	NGC 1265
	84	3 19,8	+41 31	Per A	Seyf	11.6	0,018	63	29.0	14	9,3	18,7	NGC 1275, ДВ
0320−374		3 22.6	−37 14	For A	S0p	8,8	0,006		259		98,0		NGC 1316, ДВ
0430+052	120	4 33,2	+5 21	Tau	S0:	13,7	0,033	6,7	6.1	3,8	4,8	5,1	BW Tau, Seyf
	123	4 37.1	+29 40	Tau	E/cD	19,5:	0,218	189	119	41	27,2	16,3	Per B, ДВ
0511+008	135	5 14.1	+0 57	Ori	E	17,0	0,127	17,3	8.0	3,0	1,7	1,0	Дв. г-ка
0518−458		5 19,7	−45 47	Pic A	E	16,0	0,035		166	66	29		ДВ
	196	8 13,6	+48 13	Lyn A	QSO	17,8	0,871	73,7	33	14	7,7	4,4	ДВ
		8 35,3	−45 11	Vel	PSR				5.0	1,1			Пульсар Vela
0915−118	218	9 18,1	−12 06	Hya A	D	13,6	0,065		132	43,5	23,5	13,1	Hya A, ДВ
	219	9 21,1	+45 39	UMa	cD5	17.2	0,174	48	21,6		4,4	2,3	Lyn B, ДВ
	231	9 55,8	+69 41	UMa	Ir	8,4	0.001	14,0	11.7	8,1	5,4	3,8	M 82
1216+061	270	12 19,4	−5 50	Vir	E2	10,3	0,007	48	41.5	17.2	9,8	4,9	NGC 4261
1222+131	272,1	12 25,1	+12 53	Vir	E1	9.3	0,003	19,0	12.2	6,0	4.2	2.7	M 84, ДВ
1226−023	273	12 29,1	+2 03	Vir	QSO	12.8	0.158	75,0	55,1	42,0	40,9	36,7	ДВ
1228+126	274	12 30,8	+12 23	Vir A	E1	8.6	0,004	1050	519	220	120	67,6	M 87, ДВ
	277,3	12 54,2	+27 38	Com A	G	15.9	0.086	9,0	6.3	1.7	1,9	1,2	
1322−428		13 25,5	−43 04	Cen A	S0p	7.0	0,002		2750		128		NGC 5128, ДВ
1334−296		13 37.0	−29 52	Hya	Sc	8.0	0,001		8.5	2,6	1,2	0,8	M 83
1400−337		14 03,7	−33 58	Cen	E4	12.4	0.014	57	10.3	0,8	0,3	0,1	NGC 5419
	338	16 28,6	+39 33	Her	cD4	12.0	0,030	46.4	18.1	3,2	1,2	0,5	NGC 6166, A2199
1648+050	348	16 51,1	+5 00	Her A	D	16.9	0.154	350	169	47	23	12,4	ДВ
	405	19 59.5	+40 44	Cyg A	cD3	15.1	0,057	8700	4400	1260			ДВ
2212+135	442	22 14.7	+13 50	Peg	S0	13.5	0.027	22	13.1	3,6	1,4	0,8	ДВ, NGC 7236−7
2247+113		22 49,8	−11 36	Peg	E1p	12,3	0.024	5.8	7.3	2,4	1,4	1,2	NGC 7385
2335−267	465	23 38,5	+27 01	Peg	D	12.6	0.029	38		7,3	3,4	2,1	NGC 7720, A2634

Таблица 64

Радиопульсары

Радиопульсар обозначают буквами PSR и приближенным значением его экваториальных координат: прямое восхождение (часы и минуты) и склонение (знак, градусы и угл. минуты); причем используются неокругленные значения координат, секунды отбрасываются. Пример: пульсар в Крабе имеет координаты $\alpha(J2000) = 5^h34^m31{,}97^s$ и $\delta(J2000) = +22°00'52{,}06''$ и обозначается PSR J0534+2200. Буква J перед цифрами указывает, что координаты даны на начало юлианского 2000 г. Уже открыто более 1300 радиопульсаров. В таблице приведены в порядке уменьшения периода (P) типичные и некоторые выдающиеся объекты. Координаты эпохи J2000.0; dP/dt — скорость изменения периода; R — расстояние от Солнца; P_b — орбитальный период двойной системы, содержащей пульсар.

Обозначение PSR J...	α	δ	P, с	dP/dt (e-15)	R, кпк	P_b, сут
	h m s	° ′ ″				
1951+1123	19 51 08,3	+11 23 25	5,094083028	3,03	1,66	
1136+1551	11 36 03,3	+15 51 01	1.1879115361	3.733	0,27	
0045−7319	00 45 35,1	−73 19 03	0,9262758354	4.49	57.	
1306−6617	13 06 38,2	−66 17 22	0.4730264707	5,97	29,14	
0455−6947	04 55 58	−69 47 24	0.320421	33.	49,4	
0540−6919	05 40 11,0	−69 19 55	0,05037710687	479,06	49,4	
1302−6350	13 02 47,7	−63 50 09	0,04776233816	2,275	4,6	1236,7236
1537+1155	15 37 10,0	+11 55 56	0,03790444037	0,0024	0,68	0,42073730
0534+2200	05 34 32,0	+22 00 52	0.03340334741	420,96	2.	
2130+1210	21 30 01.2	+12 10 38	0.03052929513	5,0 e-3	10.	0,33528205
1012+5307	10 12 33,4	−53 07 03	0,005255749012	1,5 e-5	0,52	0,60467271
0751+1807	07 51 09.2	+18 07 39	0,0034787707815	8,0 e-6	2,02	0,263144268
1959+2048	19 59 36.8	+20 48 15	0,001607401684806	1,7 e-5	1,53	0,38196664
1939+2134	19 39 38,6	+21 34 59	0,001557806468820	1.1 e-4	3,6	

Таблица 65

Источники рентгеновского излучения

Координаты эпохи J2000.0; средний рентгеновский поток (F_x) в диапазоне 2–11 кэВ в микроянских (1 мкЯн $= 10^{-32}$ Вт м$^{-2}$ Гц$^{-1}$); период рентгеновской переменности (P_x) в секундах (s), минутах (m), часах (h), сутках (d); максимальная рентгеновская светимость (L_x) в единицах полной солнечной светимости ($4 \cdot 10^{26}$ Вт); расстояние (R) в килопарсеках; блеск оптического компонента m_V в фильтре V (или B) и его спектральный класс. В Примечаниях OP — оптический период (d — сутки).

Тип: E — затменная двойная звезда, B — незатменная двойная, в которых один из компонентов нейтронная звезда (/NS) или белый карлик (/WD); BH — заподозрена черная дыра, Bu — барстер, G — галактика, N — новая, Nr — рекуррентная новая, SNR — остаток сверхновой, PSR — пульсар, QSO — квазар, T — транзиентный рентгеновский источник.

Данные по: Sky Catalogue 2000.

Продолжение таблицы 65

Название	α h m	δ ° ′	F_x, мкЯн	P_x	L_x, $L_\odot$	R, кпк	Тип	m_V	Спектр	Примечания
SMC X–3	0 52,1	−72 26	5		13 000	65	T	15	O9III–Ve	
SMC X–2	0 54,6	−73 41	7		2e+5	65	T	16,0	B1,5Ve	
γ Cas	0 56,7	+60 43	11		0,8	0,3		2,5	B0,5IVpe	HD 5394. Корона?
SMC X–1	1 17,1	−73 27	57	0,71s	1,5e+5	65	E/NS	13,3	B0I	OP = 3,89d, затм. 0,61d
V635 Cas	1 18,5	+63 44	350	3,61s	2000	3	B/NS	15,6	B	OP = 24,3d
Algol	3 08,2	+40 57	9		0,005	0,03	E	2,1	B8V+G5IV + Am	OP = 2,87d
Per A	3 19.8	+41 31	250		1e+11	1e+5	G	11,6		Сейф. г-ка NGC 1275
X Per	3 55,4	+31 03	37	13,9m	2,5	0,35	B/NS	6,0	O9,5ep	OP = 580d?
NGC 1851	5 14,1	−40 03	20		1 300	9,5	Bu			Ядро шар. ск.
LMC X–4	5 32,8	−66 22	60	13,5s	1e+5	50	E	14,0	O7III–V	OP = 1,4d, затм. 0,2d
Crab PSR	5 34,5	+22 01	100	0,033s	250	2	PSR	17,7		Tau X–1. L_x(тум) ≈ $10L_x$(PSR)
M42	5 35,3	−5 23	5		0,8	0,46				Тум. Ori
HDE 245770	5 38.9	+26 19	2800	1,73m	5000	2	B/NS?	9,1	O9,7IIIe	V725 Tau. OP > 20d
LMC X–3	5 38,9	−64 05	44		80 000	50	BH	16,9	BIII–IV	OP = 1,7d
LMC X–1	5 39,7	−69 45	25		50 000	50		14,5	OB	
V1055 Ori	6 17,1	+9 08	134	4,9d?	2 500	6	Bu?	18,5		
V616 Mon	6 22,7	−0 21	50 000		50 000	1,1	N	>20		NMon 1975 (V = 10,4)
U Gem	7 55,1	+22 00	2	0,42m	0,005	0,08	E/WD	>9	M4,5+WD	Карлик. новая. OP = 0,175d
Pup A	8 23,3	−42 54	8		800	1,4	SNR			
Vela X	8 35,3	−45 13	49		80	0,5	SNR			Содержит пульсар Vela
Vela X–1	9 02,1	−40 33	1 100	4,72m	1 500	1,4	E/NS	6,9	B0,5Ibe	GP Vel. OP = 8,79d, затм. 1,7d
M82	9 55,8	+69 41	3		3e+7	3e+3	G	8,4		
Cen X–3	11 21,3	−60 37	312	4,84s	20 000	10	E/NS	13,4	O6-O8fp	V779 Cen. OP = 2,087d, затм. 0,45d
HD 102567	11 48,0	−62 12	1 000	4,87m	1 500	1,5		9,0	B1Vne	V801 Cen. Расширяющ. оболочка
3C 273	12 29,1	+2 03	6		3e+12	9,5e+5	QSO	12,8		

Продолжение таблицы 65

Название	α h m	δ ° ′	F_x, мкЯн	P_r	L_x, $L_\odot$	R, кпк	Тип	m_V	Спектр	Примечания
Vir A	12 30,8	+12 24	36		8e−9	1,3e+4	G	8,6		Галактика M87 в ск-е Virgo
Cen A	13 25,5	−43 01	78		2e+6	4,4e−3	G	7,0		Галактика NGC 5128
Cen X−4	14 58,4	−31 40	20 000		25 000	1,5	Nr	>13	K3-K7	V822 Cen. Вспышки
Cir X−1	15 20,7	−57 10	3 000		2e+5	10	BH	22,5B	OI?	BR Cir. OP = 16,6d?
TrA X−1	15 28,3	−61 53	950				N	>22		KY TrA. V = 17,5 (1974 г.)
Sco X−1	16 19,9	−15 38	20 000		8 000	0,7	B	12,2		V818 Sco. OP = 0,787d
Her X−1	16 57,8	+35 21	110	1,24s	2 000	5	E/NS	13,2B	A9-B	HZ Her. OP = 1,7d, затм. 0,24d
V821 Ara	17 02,8	−48 47	390	0,04s			BH	>15		GX 339−4
HD 153919	17 03,9	−37 51	400		800	1,7	E	6,6	O6,5Iaf	V884 Sco. OP = 3,41d, затм. 1,1d
V2107 Oph	17 08,2	−25 05	3 600				N	21B		Nova Oph 1977 (16,5^m)
Liller 1	17 33,4	−33 23	50		2 500	9	Bu			Ядро шар. ск.: до 4000 вспышек/сут
AM Her	18 16,2	+49 52	7	0,129d	0,03	0,08	E/WD	12,3		OP = 0,129d, затм. 0,02d
NGC 6624	18 23,7	−30 22	410		20 000	8	Bu			Ядро шар. ск.
Aql X−1	19 11,3	−0 35	1 300		2 500	1,7	Nr	19,2	K0V	V1333 Aql. V = 15 при рент. вспышк.
SS 433	19 11,8	+4 59	10		180	5,1	B/NS?	14		Внутри SNR W50. OP = 13d.
Cyg X−1	19 58,4	+35 12	1 320		5 000	2,5	BH	8,9	O9,7Iab	HDE 226868. OP = 5,6d.
Cyg A	19 59,0	−40 41	12		1e+11		G	15,1		Радиогал-ка
Cyg X−3	20 32,4	+40 57	430		25 000	10	B			V1521 Cyg. ИК-звезда. OP = 0,200d
SS Cyg	21 42,7	+43 35	20	8,9s	0,3	0,15	Nr	>8,2	A1-dGep	Перем. типа U Gem. OP = 0,28d
Cyg X−2	21 44,7	−38 19	740	11,2d	25 000	8	B	14,7	F2III:	V1341 Cyg. OP = 9,84d
Cas A	23 23,5	+58 50	59		200	2,8	SNR			

Таблица 66

Местная группа галактик

Координаты на эпоху 2000 г. Названия: LMC — Большое Магелланово Облако, SMC — Малое Магелланово Облако, WLM — Wolf-Lundmark-Melotte galaxy; SagDEG — Sagittarius Dwarf Elliptical Galaxy; SagDIG — Sagittarius Dwarf Irregular Galaxy. Обозначения: V_r — лучевая скорость относительно Солнца; d — угловой размер: макс. и мин. диаметры; $(m-M)_0$ — исправленный за поглощение модуль расстояния; D — расстояние от Солнца.

Данные по: *S. van den Bergh*. The Local Group of galaxies // Astron. Astrophys. Rev. 1999, v. 9, № 3–4; *S. van den Bergh*. The galaxies of the Local Group. Cambridge Univ. Press, 2000; *Tully R. B.* Nearby Galaxies Catalogue. 1988; *Hirshfeld A. et al.* Sky Catalogue 2000. Sky Publ. Corp., 1992.

Название	α	δ	Тип	d	m_V	M_V	$(m-M)_0$	V_r, км/с	D, кпк	l	b
	h m s	° ′		′ × ′						°	°
WLM (DDO 221)	00 01 58	−15 27,9	Ir	10 × 4	10,4	−14,4	24,85	−120	925	076	−74
IC 10 (UGC 192)	00 20 25	59 17,5	Ir	5 × 4	10,4	−16,3	24,1	−344	660	119	−03
NGC 147 (UGC 326)	00 33 12	48 30,5	Sph	13 × 8	9,5	−15,1	24,1	−193	660	120	−14
And III (A0032+36)	00 35 17	36 30,5	dSph	3	14,2	−10,2	24,4		760	119	−26
NGC 185 (UGC 396)	00 38 58	48 20,3	Sph	12 × 10	9,1	−15,6	24,1	−202	660	121	−14
M 110 (NGC 205)	00 40 23	41 41,2	Sph	17 × 10	8,1	−16,4	24,4	−244	760	121	−21
M 32 (NGC 221)	00 42 42	40 51,9	E2	8 × 6	8,1	−16,5	24,4	−205	760	122	−22
M 31 (NGC 224)	00 42 44	41 16,2	Sb	180 × 60	3,4	−21,2	24,4	−301	760	122	−22
And I (A0043+37)	00 45 43	38 00,4	dSph	3	12,8	−11,8	24,55		810	122	−25
SMC	00 52 36	−72 48,0	Ir	280×160	2,0	−17,1	18,85	+148	59	303	−44
Sculptor	01 00 04	−33 42,9	dSph	50	8,8	−9,8	19,7	+110	87	288	−83
Pisces (LGS 3)	01 03 57	21 53,7	dIr	2	14,3	−10,4	24,55	−286	810	127	−41
IC 1613	01 04 47	02 08,2	Ir	12	9,1	−15,3	23,3	−232	725	130	−61
And V	01 10 17	47 37,7	dSph	2	15	−10,2	24,55		810	126	−15
And II	01 16 27	33 25,7	dSph	3	12,7	−11,8	24,2		700	129	−29
M 33 (NGC 598)	01 33 51	30 29,6	Sc	62 × 39	5,9	−18,9	24,5	−181	795	134	−31
Phoenix	01 51 03	−44 27,2	dIr			−9,8	23,0		395	272	−69
Fornax	02 39 53	−34 30,3	dSph	20 × 14	7,3	−13,1	20,7	−53	138	237	−66
LMC	05 19 36	−69 27,1	Ir	650×550	0,4	−18,5	18,5	−275	50	280	−33
Carina	06 41 37	−50 58,0	dSph		10,6	−9,4	20,0	+223	100	260	−22
Leo A (III)	09 59 23	30 44,7	Ir V	5 × 3	12,7	−11,5	24,2	−24	690	197	+52
Leo I (Regulus)	10 08 27	12 18,5	dSph	11 × 8	10,2	−11,9	22,0	−287	250	226	+49
Sextans	10 13 03	−01 36,9	dSph		10,3	−9,5	19,7	+226	86	244	+42
Leo B (II)	11 13 27	22 09,7	dSph	15 × 13	11,6	−10,1	21,6	+76	210	220	+67
Ursa Min. (DDO 199)	15 08 49	67 06,6	dSph	27 × 16	10,6	−8,5	19,0	−247	63	105	+45
Draco (DDO 208)	17 20 19	57 55,1	dSph	34 × 19	11,0	−8,6	19,5	−293	79	086	+35
Галактика (Мл. Путь)	17 45 40	−29 00,5	Sbc			−20,9	14,5	+16	8	000	00
Sagittarius (SagDEG)	18 55 04	−30 28,7	dSph	600×300	15	−13,8	17,0	+142	24	006	−14
SagDIG	19 29 59	−17 40,7	Ir		14,2	−10,7	25,7	−79	1060	021	−16
NGC 6822	19 44 56	−14 48,1	Ir	10	8,5	−16,0	23,5	−56	500	025	−18
Aquarius (DDO 210)	20 46 53	−12 51,0	V		13,9	−11,3	25,05	−131	1025	034	−31
Tucana	22 41 49	−64 25,4	dSph		15,2	−9,6	24,7		870	323	−47
Cas (And VII)	23 26 31	50 41,5	dSph		15,2	−9,5	24,2		690	109	−10
Pegasus (DDO 216)	23 28 34	14 44,8	Ir	5 × 3	12,6	−12,3	24	−182	760	095	−44
Peg II (And VI)	23 51 39	24 35,7	dSph		14,1	−10,6	24,45		830	106	−36

Таблица 67

Некоторые скопления галактик

Дано общепринятое название скопления по созвездию или его номер по каталогу скоплений галактик Абеля и др. Координаты 2000 г. V_r — лучевая скорость; расстояние в Мпк, рассчитанное по лучевой скорости при H = 75 км/(с Мпк); NGC — номер наиболее известной галактики в скоплении. Морфологический тип скопления по Руду и Састри: cD — в скоплении доминирует одна гигантская cD-галактика; B — доминирует пара ярких галактик; C — ядро скопления содержит не менее 4-х из 10-ти ярчайших галактик скопления; I — ярчайшие галактики распределены хаотично, не выделяется четкий центр скопления; L — три или больше ярких галактик скопления расположены вдоль одной прямой линии; F — несколько ярчайших галактик образуют уплощенную систему.

Данные по: Sky Catalogue 2000.

Название или номер		α	δ	Диам.	V_r	Расст.	Тип	NGC
Созвездие	Abell	h m	°	°	км/с	Мпк		
	194	1 26	−02	0.3	5 320	71	L	541, 5, 7
Персей	426	3 19	+42	4	5 460	73	L	1275
Печь II		3 28	−21	7	1 560	21		1232
Печь I		3 32	−35	7	1 500	20		1316
Близнецы	568	7 08	+35	0,5	23 400	312	C	
Рак		8 21	+21	3	4 800	64		2563
Гидра II		8 58	+03		60 900	812		
Лев		10 28	+10	0,6	19 500	260		
Гидра I		10 37	−28		3 000	40	C	3309, 11
Лев A		11 11	+29		10 500	140	C	3550
Б. Медведица I	1377	11 47	+56	0,7	15 300	204	B	
Дева		12 30	+12	12	1 200	16		4472, 86
Кентавр		12 50	−41	2	3 200	43		4696
Волосы Вер.	1656	13 00	+28	4	6 650	89	B	4889
Волопас	1930	14 33	+32	0.3	39 300	524		
Сев. Корона	2065	15 23	−28	0,5	21 600	288	C	
Геркулес	2151	16 05	+18	1,7	11 200	149	F	6040, 47
	2152	16 05	+16		11 500	153	I	
	2197	16 28	+41		9 100	121	L	6173
	2199	16 29	+40	0,2	9 200	123	cD	6166
Пегас II		23 10	+08	2	12 700	169		7720
Пегас I		23 22	+09	1	4 000	53		7619

Некоторые астрофизические данные

Таблица 68

Поглощение света в земной атмосфере

z	$F(z)$	Δm_v	z	$F(z)$	Δm_v	z	$F(z)$	Δm_v
0°	1,000	0,00	60	1,995	0,23	76	4,075	0,71
10	1,015	0,00	62	2,123	0,26	77	4,372	0,77
20	1,064	0,01	64	2,274	0,30	78	4,716	0,83
25	1,103	0,02	66	2,447	0,34	79	5,120	0,91
30	1,154	0,03	68	2,654	0,39	80	5,60	0,99
35	1,220	0,04	70	2,904	0,43	84	8,90	1,52
40	1,304	0,06	72	3,209	0,52	85	10,40	1,77
45	1,413	0,09	73	3,388	0,56	86	12,44	2,12
50	1,553	0,12	74	3,588	0,60	87	15,36	2,61
55	1,742	0,17	75	3,816	0,65			

Разность поглощений на данном видимом зенитном расстоянии z и в зените Δm_v основана на коэффициенте прозрачности $p = 0{,}817$. Данные приведены для $t = 0°$ и давления в 760 мм. При давлении B мм разность поглощений равна табличной, умноженной на B мм/760 мм. Для любого другого значения p поправка за поглощение вычисляется по формуле: $\Delta m_z = \Delta m_0 - 2{,}5[F(z) - 1]\lg p$, где $F(z)$ — масса воздуха, проходимого лучом, выраженная в единицах массы воздуха в направлении на зенит, а $\Delta m_0 = 0{,}22^m$ для визуальных лучей и $0{,}44^m$ для фотографических. Таким образом, разность поглощений для фотографических лучей вдвое больше, но для точных фотометрических работ используется только до $z \approx 40°$–$45°$.

Таблица 69

Средняя рефракция

(по Бесселю) при температуре $t° = +10°$ С и барометрическом давлении $B = 760$ мм

z	R	z	R	z	R	z	R	z	R	z	R
0°	0′ 0″	18°	0′19″	36°	0′42″	54°	1′20″	66,0°	2′10″	75° 0′	3′34″
1	1	19	20	37	44	55	1 23	66,5	2 13	75 20	3 39
2	2	20	21	38	45	56	1 26	67,0	2 16	75 40	3 44
3	3	21	22	39	47	57	1 29	67,5	2 20	76 0	3 49
4	4	22	24	40	49	58	1 33	68,0	2 23	76 20	3 55
5	5	23	25	41	51	59	1 37	68,5	2 27	76 40	4 01
6	6	24	26	42	52	60,0	1 41	69,0	2 31	77 0	4 07
7	7	25	27	43	54	60,5	1 43	69,5	2 35	77 20	4 13
8	8	26	28	44	56	61,0	1 45	70,0	2 39	77 40	4 20
9	9	27	30	45	0 58	61,5	1 47	70,5	2 43	78 0	4 27
10	10	28	31	46	1 00	62,0	1 49	71,0	2 48	78 20	4 35
11	11	29	32	47	1 02	62,5	1 52	71,5	2 52	78 40	4 43
12	12	30	34	48	1 05	63,0	1 54	72,0	2 57	79 0	4 51
13	13	31	35	49	1 07	63,5	1 56	72,5	3 02	79 20	5 00
14	15	32	36	50	1 09	64,0	1 59	73,0	3 08	79 40	5 09
15	16	33	38	51	1 12	64,5	2 01	73,5	3 14	80 0	5 19
16	17	34	39	52	1 14	65,0	2 04	74,0	3 20	82 0	6 33
17	18	35	41	53	1 17	65,5	2 07	74,5	3 27	85 0	9 52
18	0 19	36	0 42	54	1 20	66,0	2 10	75,0	3 34	90 0	35 24

Таблица 70

Поправка к средней рефракции R за температуру t° воздуха

t° \ R	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′
−30°	0″	+10″	+20″	+30″	+40″	+51″	+62″
−25	0	+8	+17	+26	+35	+44	+53
−20	0	+7	+14	+22	+29	+37	+45
−15	0	+6	+12	+17	+24	+30	+37
−10	0	+5	+9	+14	+19	+24	+29
−5	0	+3	+7	+10	+14	+17	+21
0	0	+2	+4	+7	+9	+11	+14
+5	0	+1	+2	+3	+4	+6	+7
+10	0	0	0	0	0	0	0
+15	0	−1	−2	−3	−4	−5	−7
+20	0	−2	−4	−6	−8	−11	−13
+25	0	−3	−6	−9	−12	−16	−19
+30	0	−4	−8	−12	−16	−20	−25
+35	0	−5	−10	−15	−20	−25	−31
+40	0	−6	−12	−18	−23	−30	−36

Таблица 71

Поправка к средней рефракции R за барометрическое давление B в мм

B \ R	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′
660	0″	−8″	−16″	−24″	−32″	−40″	−48″
670	0	−7	−14	−21	−29	−36	−43
680	0	−6	−13	−19	−25	−32	−38
690	0	−6	−11	−17	−22	−28	−33
700	0	−5	−9	−14	−19	−24	−29
710	0	−4	−8	−12	−16	−20	−24
720	0	−3	−6	−9	−13	−16	−19
730	0	−2	−5	−7	−10	−12	−14
740	0	−2	−3	−5	−6	−8	−10
750	0	−1	−2	−2	−3	−4	−5
760	0	0	0	0	0	0	0
770	0	+1	+2	+2	+3	+4	+5
780	0	+2	+3	+5	+6	+8	+10
790	0	+2	+5	+7	+10	+12	+14
800	0	+3	+6	+10	+13	+16	+19

Таблица 72

Распределение энергии в спектре Солнца

F_λ в единицах Вт/(м^2· ср · нм) — это средняя по диску Солнца монохроматическая яркость поверхности Солнца, т. е. мощность в ваттах, излучаемая с 1 квадратного метра поверхности Солнца в телесный угол 1 стерадиан на указанной длине волны (λ) в спектральном интервале шириной 1 нм. Запись «e−k» означает 10^{-k}.

Чтобы получить монохроматическую освещенность, создаваемую Солнцем на среднем расстоянии Земли от Солнца ($\Delta = 1$ а. е.), нужно вычислить $S_\lambda = \pi F_\lambda (R_\odot/\Delta)^2 = 6{,}80 \cdot 10^{-5} F_\lambda$ Вт/(м^2 · нм).

Данные по: *Макарова Е. А. и др.* Поток солнечного излучения. М.: Наука, 1991.

УФ		Визуальный		ИК	
λ, нм	F_λ	λ, нм	F_λ	λ, мкм	F_λ
180	25	405	25 500	0,70	21 200
200	120	410	26 200	0,74	19 200
220	610	415	26 700	0,78	17 600
240	750	420	26 500	0,82	15 900
260	2 080	425	26 000	0,86	14 100
280	3 800	430	24 300	0,90	13 600
300	7 850	435	25 500	0,95	12 100
305	8 400	440	28 000	1,0	10 800
310	9 480	450	30 200	1,2	7 170
315	10 440	460	30 900	1,4	4 960
320	11 600	470	30 200	1,6	3 590
325	12 800	480	30 600	1,8	2 450
330	13 700	490	28 600	2,0	1 640
335	14 200	500	28 800	2,4	843
340	13 900	520	27 200	3,0	374
345	14 100	540	27 800	3,5	211
350	14 800	560	27 200	4,0	127
355	14 800	580	27 500	5,0	54
360	14 500	600	26 200	6,0	26
365	16 600	620	25 100	7,0	14
370	17 000	640	24 300	8,0	8,6
375	16 400	650	23 500	9,0	5,5
380	16 200	660	22 500	10,0	3,6
385	15 000	670	23 000	15,0	0,69
390	15 500	680	22 400	25,0	0,091
395	17 100	690	21 600	50,0	5,8e−3
400	22 300	700	21 200	100,0	3,6e−4

Таблица 73

Основные линии солнечного спектра, наблюдаемого с поверхности Земли

Обознач.	λ в Å	Интенс.	Элемент	Цвет	Обознач.	λ в Å	Интенс.	Элемент	Цвет
A	7594,1	3–25	O_2*	к	$F(H_\beta)$	4861,344	30	H	г
	7184,6	?	H_2O*	к		4404,763	10	Fe	с
B	6870,2	0–15	O_2*	к	d	4383,559	15	Fe	с
$C(H_\alpha)$	6562,816	40	H	к	$G'(H_\gamma)$	4340,477	20	H	ф
a	6278,1	?	...	о	f	4325,8	8	Fe	ф
D_1	5895,944	20	Na	ж	G	4307,914	6	Fe, Ti^+	ф
D_2	5889,977	30	Na	ж		4307,749	3	Ca	ф
D_3	5875,618	2	He**	ж	g	4226,742	20	Ca	ф
	5316,8	2	Fe^{+}***	з	$h(H_\delta)$	4101,750	40	H	ф
	5316,6	4	Sc, Fe^+	з		4101,685	3	Fe	ф
E_1	5270,3	7	Fe, Ca	з		4063,607	20	Fe	ф
E_2	5269,56	8	Fe	з		4045,827	30	Fe	ф
b_1	5183,621	30	Mg	з	H	3968,494	700	Ca^+	ф
b_2	5172,700	20	Mg	з	K	3933,684	1000	Ca^+	ф
b_3	5169,0	4	Fe^+	з	L	3820,438	25	Fe, C	ф
b_4	5167,510	5	Fe	з	M	3734,876	40	Fe	ф
	5167,330	15	Mg	з	N	3581,210	30	Fe	ф

* Теллурические линии (линии поглощения земной атмосферы, от слова Telluris — Земля); их интенсивность зависит от состояния атмосферы.

** Линия, испускаемая только хромосферой.

*** + обозначает однажды ионизованный атом.

Таблица 74

Относительная спектральная чувствительность глаза

Длина волны в Å	Дневное зрение (колбочки)	Ночное зрение (палочки)	Длина волны в Å	Дневное зрение (колбочки)	Ночное зрение (палочки)
3 800	0,00004	—	5 800	0.870	0,140
3 900	0,00012	—	5 900	0.757	0,083
4 000	0,0004	0,0185	6 000	0,631	0,0490
4 100	0,0012	0.040	6 100	0,503	0,0300
4 200	0,0040	0,076	6 200	0,381	0,0175
4 300	0.0116	0,132	6 300	0,265	0,0100
4 400	0,023	0,213	6 400	0,175	0,0058
4 500	0,038	0,302	6 500	0,107	0,0032
4 600	0,060	0,406	6 600	0,061	0,0017
4 700	0,091	0,520	6 700	0.032	0,00087
4 800	0,139	0,650	6 800	0.017	0,00044
4 900	0,208	0,770	6 900	0,0082	0,00021
5 000	0,323	0.900	7 000	0,0041	0,00010
5 100	0,503	0.985	7 100	0,0021	—
5 200	0,710	0,960	7 200	0,00105	—
5 300	0,862	0,840	7 300	0,00052	—
5 400	0,954	0,680	7 400	0,00025	—
5 500	0,995	0,500	7 500	0,00012	—
5 600	0,995	0,350	7 600	0,00006	—
5 700	0,952	0,228	7 700	0,00003	—

Таблица 75

Абсолютные звездные величины (M_V) звезд различных последовательностей диаграммы Герцшпрунга—Рассела

Классы светимости:
НГП — начальная главная последовательность,
V — главная последовательность,
IV — субгиганты,
III — нормальные гиганты,
II — яркие гиганты,
Ib, Iab, Ia — сверхгиганты.

Данные по: *Страижис В.* Звезды с дефицитом металлов. Вильнюс: Мокслас, 1982.

Спектр	НГП	V	IV	III	II	Ib	Iab	Ia
O5	−4,6	−5,6	−5,8	−6,0	−6,3	−6,6	−6,9	−7,2
O6	−4,0	−5,4	−5,7	−5,9	−6,3	−6,6	−6,9	−7,2
O7	−3,9	−5,2	−5,5	−5,8	−6,2	−6,5	−6,8	−7,2
O8	−3,7	−4,9	−5,2	−5,6	−6,1	−6,4	−6,7	−7,2
O9	−3,5	−4,5	−4,9	−5,3	−5,9	−6,3	−6,5	−7,2
B0	−3,1	−4,0	−4,4	−4,9	−5,6	−6,1	−6,4	−7,2
B1	−2,3	−3,3	−3,9	−4,5	−5,2	−5,9	−6,4	−7,2
B2	−1,6	−2,5	−3,1	−3,7	−5,0	−5,9	−6,4	−7,2
B3	−1,0	−1,7	−2,3	−3,0	−4,8	−5,9	−6,4	−7,2
B5	−0,1	−0,8	−1,2	−1,7	−4,6	−5,9	−6,4	−7,2
B6	0,3	−0,5	−0,9	−1,3	−4,4	−5,8	−6,4	−7,2
B7	0,6	−0,2	−0,6	−1,0	−4,2	−5,8	−6,4	−7,2
B8	1,0	0,1	−0,3	−0,7	−3,9	−5,8	−6,4	−7,2
B9	1,4	0,5	0,1	−0,4	−3,6	−5,7	−6,4	−7,2
A0	1,6	0,8	0,4	−0,1	−3,4	−5,5	−6,4	−7,2
A1	1,7	1,1	0,7	0,2	−3,2	−5,3	−6,4	−7,2
A2	1,8	1,3	0,9	0,4	−3,1	−5,2	−6,4	−7,3
A3	1,9	1,5	1,0	0,5	−3,0	−5,1	−6,4	−7,3
A5	2,3	1,9	1,4	0,8	−2,9	−5,0	−6,5	−7,5
A7	2,6	2,3	1,7	1,1	−2,8	−5,0	−6,7	−7,7
F0	3,0	2,8	2,2	1,5	−2,7	−5,0	−6,9	−7,9
F2	3,2	3,1	2,4	1,8	−2,6	−4,9	−7,0	−8,0
F5	3,7	3,6	2,6	2,0	−2,6	−4,8	−7,1	−8,0
F8	4,2	4,1	2,8		−2,5	−4,7	−7,2	−8,1
G0	4,5	4,4	2,9		−2,4	−4,6	−7,2	−8,2
G2		4,7	3,0	1,1:	−2,4	−4,5	−7,2	−8,2
G5		5,1	3,1	1,0	−2,4	−4,4	−7,2	−8,2
G8		5,6	3,2	0,9	−2,5	−4,3	−7,0	−8,1
K0		6,0	3,2	0,8	−2,5	−4,3	−6,9	−7,9
K1		6,2	3,2	0,8	−2,5	−4,3	−6,7	−7,7
K2		6,5		0,7	−2,5	−4,3	−6,6	−7,6
K3		6,7		0,6	−2,5	−4,3	−6,5	−7,5
K4		7,0		0,5	−2,6	−4,4	−6,4	−7,4
K5		7,3		0,3	−2,6	−4,4	−6,2	−7,2
K7		8,1		0,0	−2,7	−4,5	−6,0	−7,0
M0		8,9		−0,6	−2,8	−4,6	−5,8	−6,9
M1		9,4		−0,8	−2,9	−4,6	−5,8	−6,8
M2		10,0		−0,9	−3,0	−4,7	−5,8	−6,7
M3		10,5		−1,0	−3,0	−4,7	−5,8	−6,7
M4		11,5		−0,6	−3,1	−4,7	−5,8	−6,7
M5		13,5		−0,1	−3,1	−4,7	−5,8	−6,7

Таблица 76

Болометрические поправки (*BC*) в зависимости от спектрального класса и класса светимости

Классы светимости: V — главная последовательность, V–III — главная последовательность, субгиганты и нормальные гиганты, III — нормальные гиганты, I–II — яркие гиганты и сверхгиганты.

Данные по: *Страйжис В.* Звезды с дефицитом металлов. Вильнюс: Мокслас, 1982.

Спектр	V	V–III	III	I–II	Спектр	V	V–III	III	I–II
O5		−4,15		−3,80	F2		0,01		0,11
O6		−3,90		−3,55	F5		−0,02		0,08
O7		−3,65		−3,30	F8		−0,03		0,03
O8		−3,40		−3,15	G0		−0,05		0,00
O9		−3,15		−2,95	G2		−0,07		−0,05
B0		−2,95		−2.50	G5	−0,09		−0.22	−0,13
B1		−2,60		−2,15	G8	−0,13		−0.28	−0,22
B2		−2.20		−1,75	K0	−0,19		−0,37	−0,29
B3		−1,85		−1.40	K1			−0.43	−0,35
B5		−1,30		−0.90	K2	−0,30		−0,49	−0,42
B6		−1.05		−0,75	K3			−0.66	−0,57
B7		−0,80		−0,60	K4			−0,86	−0,75
B8		−0.55		−0,45	K5	−0.62		−1,15	−1,17
B9		−0,35		−0,35	K7	−0,89			
A0		−0,25		−0,25	M0	−1,17		−1,25	−1,25
A1		−0,16		−0,16	M1	−1,45		−1,45	−1,40
A2		−0.10		−0,10	M2	−1,71		−1.65	−1,60
A3		−0.03		−0,03	M3	−1,91		−1,95	−2,0
A5		0,02		0.05	M4	−2,24		−2.4	−2,6
A7		0,02		0,09	M5	−2,55		−3,1	−3,3
F0		0.02		0,13	M6	−4,4		−4.0	

Таблица 77

Эффективные температуры звезд (T_e) в зависимости от спектрального класса и класса светимости

Классы светимости: V — главная последовательность, V–III — главная последовательность, субгиганты и нормальные гиганты, III — нормальные гиганты, I–II — яркие гиганты и сверхгиганты.

Данные по: *Страйжис В.* Звезды с дефицитом металлов. Вильнюс: Мокслас, 1982.

Спектр	V	V–III	III	I–II	Спектр	V	V–III	III	I–II
O5		42 300		41 500	F2		7 000		7 100
O6		39 200		38 500	F5		6 500		6 500
O7		37 000		36 000	F8	6 150		6 050	6 000
O8		35 500		34 300	G0	5 940		5 800	5 700
O9		33 500		32 500	G2	5 790		5 500	5 400
B0		31 500		27 000	G5	5 500		5 150	5 150
B1		26 500		23 500	G8	5 250		5 000	4 950
B2		23 000		20 300	K0	5 050		4 800	4 800
B3		19 300		17 500	K1	4 950		4 600	4 300
B5		15 400		13 700	K2	4 850		4 450	4 600
B6		14 200		12 600	K3	4 700		4 250	4 100
B7		12 800		11 700	K4	4 600		4 100	
B8		11 500		11 000	K5	4 400		4 000	3 850
B9		10 400		10 300	K7	4 000			
A0		9 590		9 800	M0	3 900		3 900	3 700
A1		9 400		9 500	M1	3 750		3 800	3 600
A2		9 140		9 200	M2	3 550		3 750	3 500
A3		8 900		8 900	M3	3 400		3 650	3 300
A5		8 400		8 300	M4	3 250		3 550	3 100
A7		8 000		7 900	M5	3 100		3 400	2 950
F0		7 300		7 400	M6			3 250	

Таблица 78

Нормальные показатели цвета $(B-V)_0$ и $(U-B)_0$ звезд в зависимости от спектра и класса светимости

Классы светимости:
V — главная последовательность
III — нормальные гиганты
II — яркие гиганты и сверхгиганты
I — сверхгиганты

Данные по: *Страйжис В.* Многоцветная фотометрия звезд. Вильнюс: Мокслас, 1977.

Спектр	$(B-V)_0$				$(U-B)_0$			
	V	III	II	I	V	III	II	I
O5	−0,33	−0,33	−0,33	−0,33	−1,15	−1,15	−1,15	−1,15
O6	−0,32	−0,32	−0,32	−0,32	−1,14	−1,14	−1,14	−1,14
O7	−0,32	−0,32	−0,32	−0,32	−1,14	−1,14	−1,14	−1,14
O8	−0,31	−0,31	−0,31	−0,30	−1,14	−1,13	−1,13	−1,13
O9	−0,31	−0,31	−0,29	−0,27	−1,13	−1,12	−1,12	−1,12
B0	−0,30	−0,30	−0,28	−0,23	−1,08	−1,09	−1,09	−1,09
B1	−0,27	−0,27	−0,26	−0,19	−0,95	−0,97	−0,98	−1,00
B2	−0,25	−0,24	−0,23	−0,16	−0,85	−0,88	−0,92	−0,94
B3	−0,21	−0,20	−0,20	−0,13	−0,71	−0,75	−0,84	−0,85
B5	−0,17	−0,16	−0,16	−0,09	−0,57	−0,59	−0,70	−0,76
B6	−0,15	−0,14	−0,14	−0,07	−0,50	−0,52	−0,63	−0,71:
B7	−0,13	−0,12	−0,12	−0,05	−0,42	−0,44	−0,56	−0,65:
B8	−0,10	−0,10	−0,10	−0,03	−0,33	−0,34	−0,45:	−0,58:
B9	−0,07	−0,07	−0,07	−0,01	−0,19	−0,21	−0,30:	−0,50:
A0	−0,02	−0,02	−0,02	0,01	−0,02	−0,06	−0,15:	−0,33:
A1	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	—	−0,25
A2	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	—	−0,19
A3	0,09	0,08	0,07	0,06	0,08	0,10	—	−0,16
A5	0,15	0,15	0,12	0,09	0,09	0,13	0,08:	−0,08
A7	0,20	0,20	0,18	0,13	0,09	0,12	—	0,02
F0	0,30	0,28	0,25	0,20	0,02	0,10	0,12:	0,16
F2	0,36	0,34	0,30	0,26	0,00	0,09	—	0,24
F5	0,44	0,43	0,38	0,39	−0,01	0,09	0,15:	0,32
F8	0,52	0,54	0,58	0,58	0,02	0,10:	—	0,41
G0	0,58	0,65	0,72	0,75	0,06	0,15:	0,32:	0,48
G2	0,62	0,75	0,78	0,90	0,10	0,42:	—	0,61
G5	0,68	0,86	0,90	1,08	0,20	0,63	0,60:	0,88
G8	0,75	0,94	0,95	1,22	0,28	0,69	0,80:	1,10
K0	0,82	1,01	1,10	1,35	0,45	0,86	0,95:	1,34
K1	0,86	1,08	1,21	1,45	0,54	1,03	1,05:	1,55
K2	0,91	1,16	1,30	1,50	0,66	1,17	1,35:	1,65
K3	0,97	1,29	1,40	1,55	0,84	1,44	1,60:	1,75
K5	1,15	1,51	1,54	1,60	1,12	1,80	1,75:	1,86
K7	1,35	—	1,57:	1,64	1,23	—	—	—
M0	1,44	1,56		1,69	1,23	1,88	1,94:	1,93
M1	1,47	1,58		1,70	1,21	1,89	1,96:	1,92
M2	1,49	1,59		1,71	1,15	1,89	1,97:	1,91
M3	1,51	1,60		1,72	1,13	1,85	1,77:	1,89
M4	1,54	1,59		1,77	1,17	1,72		1,83
M5	1,58	1,56		1,80	1,24	1,45		1,60
M6	1,65	1,55			1,31	1,00		
M7	1,75	1,65:			1,40			
M8	1,85	1,90:			1,50			
M9		2,50:						

См. также: LANDOLT-BORNSTEIN, 1996, Astron and Astroph. Stars and Star Clusters (group VI. vol. 3, subvol. B) p. 20, Table 9. Приведены значения Страйжиса, пересчитанные Bessel; они отличаются от нашей таблицы не более чем на 0,03.

Таблица 79

Массы, радиусы и средние плотности звезд (в солнечных единицах)

Классы светимости:
V — главная последовательность; III — гиганты; I — сверхгиганты

Данные по: *Страйжис В.* Звезды с дефицитом металлов. Вильнюс: Мокслас, 1982.

Спектр	Масса			Радиус			Средняя плотность		
	V	III	Iab	V	III	Iab	V	III	Iab
O5	65	78	98	15	18	23	0,019	0,013	0,0081
O6	50	63	81	13	17	23	0,023	0,013	0,0067
O7	39	48	68	12	15	23	0,023	0,014	0,0056
O8	30	40	58	10,5	14	22	0,026	0,015	0,0054
O9	24	31	52	8,5	12	23	0,039	0,018	0,0043
B0	20	25	36	7,2	11	25	0,054	0,019	0,0023
B1	13	17	29	5,9	9,3	28	0,063	0,021	0,0013
B2	10	12	24	4,8	8,3	31	0,090	0,021	0,00081
B3	6,9	8,7	21	4,1	6,8	34	0,10	0,028	0,00053
B5	4,8	5,6	18	3,2	4,8	45	0,15	0,051	0,00020
B6	4,1	4,8	18	3,0	4,4	50	0,15	0,056	0,00014
B7	3,4	4,0	17	2,8	4,1	52	0,15	0,058	0,00012
B8	3,0	3,3	16	2,6	3,8	58	0,17	0,060	$8 \cdot 10^{-5}$
B9	2,6	3,1	16	2,6	3,9	62	0,15	0,052	$7 \cdot 10^{-5}$
A0	2,2	2,7	15	2,3	3,6	63	0,18	0,058	$6 \cdot 10^{-5}$
A1	2,2	2,6	15	2,1	3,4	66	0,24	0,066	$5 \cdot 10^{-5}$
A2	2,1	2,5	14	2,0	3,3	68	0,26	0,070	$5 \cdot 10^{-5}$
A3	2,0	2,3	13	1,8	3,0	69	0,34	0,085	$4 \cdot 10^{-5}$
A5	1,8	2,1	13	1,7	2,8	79	0,37	0,096	$3 \cdot 10^{-5}$
A7	1,7	2,0	14	1,6	2,7	93	0,42	0,10	$2 \cdot 10^{-5}$
F0	1,4	1,7	16	1,4	2,6	115	0,51	0,097	$1 \cdot 10^{-5}$
F2	1,3	1,6	16	1,4	2,6	132	0,47	0,091	$7 \cdot 10^{-6}$
F5	1,2	1,5	18	1,3	2,7	170	0,55	0,076	$4 \cdot 10^{-6}$
F8	1,1	—	19	1,2	—	210	0,64	—	$2 \cdot 10^{-6}$
G0	1,05	—	20	1,1	—	245	0,79	—	$1 \cdot 10^{-6}$
G2	1,00	2,1	20	1,0	6,0	275	1,0	0,0097	$1 \cdot 10^{-6}$
G5	0,95	2,5	21	0,91	7,6	330	1,3	0,0057	$6 \cdot 10^{-7}$
G8	0,91	2,6	21	0,83	8,9	370	1,6	0,0037	$4 \cdot 10^{-7}$
K0	0,85	2,9	20	0,78	10	390	1,8	0,0029	$4 \cdot 10^{-7}$
K1	0,79	2,9	20	0,78	11	410	1,7	0,0022	$3 \cdot 10^{-7}$
K2	0,79	2,8	19	0,78	13	410	1,7	0,0013	$3 \cdot 10^{-7}$
K3	0,76	2,4	20	0,76	17	425	1,7	0,0005	$3 \cdot 10^{-7}$
K4	0,71	2,3	—	0,71	20	—	2,0	0,0003	—
K5	0,65	2,3	20	0,68	28	490	2,1	0,0001	$2 \cdot 10^{-7}$
K7	0,60	—	—	0,63	—	—	2,4	—	—
M0	0,55	3,0	21	0,60	44	525	2,6	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-7}$
M1	0,50	3,5	22	0,54	60	600	3,2	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-7}$
M2	0,45	3,5	23	0,50	68	710	3,6	$1 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-8}$
M3	0,40	3,3	24	0,44	83	960	4,7	$6 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-8}$
M4	0,30	3,2	—	0,38	96	—	5,5	$4 \cdot 10^{-6}$	—
M5	0,15:	2,6:	—	0,19	110:	—	22	$2 \cdot 10^{-6}$	—
M6	—	2,5:	—	—	145:	—	—	$8 \cdot 10^{-7}$	—

Счет времени. Переводные таблицы

Таблица 80

Перевод промежутков среднего времени в промежутки звездного*. Поправка звездного времени для разных долгот**

Ср. или $\lambda_в$	Поправка	Ср. или $\lambda_в$	Поправка	Ср. или $\lambda_в$	Поправка	Ср. или $\lambda_в$	Поправка	Ср. или $\lambda_в$	Поправка
1^h	$0^m09{,}856^s$	1^m	$0{,}161^s$	31^m	$5{,}093^s$	1^s	$0{,}003^s$	31^s	$0{,}085^s$
2	0 19,713	2	0,329	32	5,257	2	0,005	32	0,088
3	0 29,569	3	0,493	33	5,421	3	0,008	33	0,090
4	0 39,426	4	0,657	34	5,585	4	0,011	34	0,093
5	0 49,282	5	0,821	35	5,750	5	0,014	35	0,096
6	0 59,139	6	0,986	36	5,914	6	0,016	36	0,099
7	1 08,995	7	1,150	37	6,078	7	0,019	37	0,101
8	1 18,852	8	1,314	38	6,242	8	0,022	38	0,104
9	1 28,708	9	1,478	39	6,407	9	0,025	39	0,107
10	1 38,565	10	1,643	40	6,571	10	0,027	40	0,110
11	1 48,421	11	1,807	41	6,735	11	0,030	41	0,112
12	1 58,278	12	1,971	42	6,900	12	0,033	42	0,115
13	2 08,134	13	2,136	43	7,064	13	0,036	43	0,118
14	2 17,991	14	2,300	44	7,228	14	0,038	44	0,120
15	2 27,847	15	2,464	45	7,392	15	0,041	45	0,123
16	2 37,704	16	2,628	46	7,557	16	0,044	46	0,126
17	2 47,560	17	2,793	47	7,721	17	0,047	47	0,129
18	2 57,417	18	2,957	48	7,885	18	0,049	48	0,131
19	3 06,273	19	3,121	49	8,049	19	0,052	49	0,134
20	3 17,129	20	3,285	50	8,214	20	0,055	50	0,137
21	3 26,986	21	3,450	51	8,378	21	0,057	51	0,140
22	3 36,842	22	3,614	52	8,542	22	0,060	52	0,142
23	3 46,699	23	3,778	53	8,707	23	0,063	53	0,145
24	3 56,555	24	3,943	54	8,871	24	0,066	54	0,148
		25	4,107	55	9,035	25	0,068	55	0,151
		26	4,271	56	9,199	26	0,071	56	0,153
		27	4,435	57	9,364	27	0,074	57	0,156
		28	4,600	58	9,528	28	0,077	58	0,159
		29	4,764	59	9,692	29	0,079	59	0,162
		30	4,928	60	9,853	30	0,082	60	0,164

* Поправка прибавляется к среднему времени.

** По аргументу восточной долготы даны поправки, которые надо отнять от звездного времени в среднюю полночь в Гринвиче, чтобы получить звездное время в местную среднюю полночь.

Таблица 81

Перевод промежутков звездного времени в промежутки среднего*

Поправки для перевода промежутков звездного времени в промежутки среднего и для приведения звездного времени в среднюю полночь на другой долготе (*поправка за долготу*).

Для первой задачи: поправки вычитаются из соответствующих промежутков звездного времени. Окончательная поправка есть сумма поправок к табличным значениям. Например, для промежутка в $4^h32^m15^s$ звездного времени поправка равняется $39{,}318^s + 5{,}242^s + 0{,}041^s = 44{,}601^s$.

Для второй задачи: из звездного времени в среднюю полночь в Гринвиче *вычитается* поправка, соответствующая *восточной* долготе места, выраженной в единицах времени, и *прибавляется* для *западной* долготы. Пример: пусть звездное время в гринвичскую полночь какого-нибудь дня $7^h45^m32^s$. Каково звездное время в местную среднюю полночь этого же дня в месте, для которого $\lambda = 37°32'45''$ вост. долготы или, по табл. 89, $\lambda = 2^h30^m11^s$? Суммарная поправка $19{,}659^s + 4{,}915^s + 0{,}030^s = 24{,}604^s$. Звездное время в местную полночь будет $7^h45^m32^s - 25^s = 7^h45^m07^s$.

Звездное	Поправка	Звездное	Поправка	Звездное	Поправка	Звездное	Поправка	Звездное	Поправка
1^h	$0^m0{,}9830^s$	1^m	$0{,}164^s$	31^m	$5{,}079^s$	1^s	$0{,}003^s$	31^s	$0{,}085^s$
2	0 19,659	2	0,328	32	5,242	2	0,005	32	0,087
3	0 29,489	3	0,491	33	5,406	3	0,008	33	0,090
4	0 39,318	4	0,655	34	5,570	4	0,011	34	0,093
5	0 49,148	5	0,819	35	5,734	5	0,014	35	0,096
6	0 58,977	6	0,983	36	5,898	6	0,016	36	0,098
7	1 08,807	7	1,147	37	6,062	7	0,019	37	0,101
8	1 18,636	8	1,311	38	6,225	8	0,022	38	0,104
9	1 28,466	9	1,474	39	6,389	9	0,025	39	0,107
10	1 38,296	10	1,638	40	6,553	10	0,027	40	0,109
11	1 48,125	11	1,802	41	6,717	11	0,030	41	0,112
12	1 57,955	12	1,966	42	6,881	12	0,033	42	0,115
13	2 07,784	13	2,130	43	7,045	13	0,036	43	0,117
14	2 17,614	14	2,294	44	7,208	14	0,038	44	0,120
15	2 27,443	15	2,457	45	7,372	15	0,041	45	0,123
16	2 37,273	16	2,621	46	7,536	16	0,044	46	0,126
17	2 47,102	17	2,785	47	7,700	17	0,046	47	0,128
18	2 56,932	18	2,949	48	7,864	18	0,049	48	0,131
19	3 06,762	19	3,113	49	8,027	19	0,052	49	0,134
20	3 16,591	20	3,277	50	8,191	20	0,055	50	0,137
21	3 26,421	21	3,440	51	8,355	21	0,057	51	0,139
22	3 36,250	22	3,604	52	8,519	22	0,060	52	0,142
23	3 46,080	23	3,768	53	8,683	23	0,064	53	0,145
24	3 55,910	24	3,932	54	8,847	24	0,066	54	0,147
		25	4,096	55	9,010	25	0,068	55	0,150
		26	4,259	56	9,174	26	0,071	56	0,153
		27	4,423	57	9,338	27	0,074	57	0,156
		28	4,587	58	9,502	28	0,076	58	0,158
		29	4,751	59	9,666	29	0,079	59	0,161
		30	4,915	60	9,830	30	0,082	60	0,164

* Поправка вычитается из звездного времени.

Таблица 82

Порядковый счет дней в году

Месяц / Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	251	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29	—	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30	—	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31	—	90	—	151	—	212	243	—	304	—	365

Примечание: В високосном году после 29 февраля ко всем числам таблицы надо прибавлять единицу.

Таблица 83

Доля тропического года, протекшая к 0^h мирового времени каждого дня
(в тысячных долях года)

А. Обыкновенный год

Месяц / Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Число
1	000	085	162	247	329	414	496	581	666	748	833	915	1
2	003	088	164	249	332	416	499	584	668	751	836	918	2
3	005	090	167	252	334	419	501	586	671	753	838	921	3
4	008	093	170	255	337	422	504	589	674	756	841	923	4
5	011	096	173	258	340	425	507	592	677	759	844	926	5
6	014	099	175	260	342	427	510	595	679	762	847	929	6
7	016	101	178	263	345	430	512	597	682	764	849	932	7
8	019	104	181	266	348	433	515	600	685	767	852	934	8
9	022	107	184	268	351	436	518	603	688	770	855	937	9
10	025	110	186	271	353	438	521	605	690	773	858	940	10
11	027	112	189	274	356	441	523	608	693	775	860	942	11
12	030	115	192	277	359	444	526	611	696	778	863	945	12
13	033	118	195	279	362	447	529	614	699	781	866	948	13
14	036	121	197	282	364	449	532	616	701	784	868	951	14
15	038	123	200	285	367	452	534	619	704	786	871	953	15
16	041	126	203	288	370	455	537	622	707	789	874	956	16
17	044	129	205	290	373	458	540	625	710	792	877	959	17
18	047	132	208	293	375	460	542	627	712	795	879	962	18
19	049	134	211	296	378	463	545	630	715	797	882	964	19
20	052	137	214	299	381	466	548	633	718	800	885	967	20
21	055	140	216	301	384	468	551	636	721	803	888	970	21
22	058	142	219	304	386	471	553	638	723	805	890	973	22
23	060	145	222	307	389	474	556	641	726	808	893	975	23
24	063	148	225	310	392	477	559	644	729	811	896	978	24
25	066	151	227	312	395	479	562	647	732	814	899	981	25
26	068	153	230	315	397	482	564	649	734	816	901	984	26
27	071	156	233	318	400	485	567	652	737	819	904	986	27
28	074	159	236	321	403	488	570	655	740	822	907	989	28
29	077	—	238	323	405	490	573	658	742	825	910	992	29
30	079	—	241	326	408	493	575	660	745	827	912	995	30
31	082	—	244	—	411	—	578	663	—	830	—	997	31

Продолжение таблицы 83

Б. Високосный год

Месяц / Число	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Число
1	000	085	164	249	331	415	497	582	667	749	833	915	1
2	003	087	167	251	333	418	500	585	669	751	836	918	2
3	005	090	169	254	336	421	503	587	672	754	839	921	3
4	008	093	172	257	339	423	505	590	675	757	842	923	4
5	011	096	175	260	342	426	508	593	678	760	844	926	5
6	014	098	178	262	344	429	511	596	680	762	847	929	6
7	016	101	180	265	347	432	514	598	683	765	850	932	7
8	019	104	183	268	350	434	516	601	686	768	852	934	8
9	022	107	186	270	352	437	519	604	689	770	855	937	9
10	025	109	189	273	355	440	522	607	691	773	858	940	10
11	027	112	191	276	358	443	525	609	694	776	861	943	11
12	030	115	194	279	361	445	527	612	697	779	863	945	12
13	033	117	197	281	363	448	530	615	699	781	866	948	13
14	036	120	199	284	366	451	533	617	702	784	869	951	14
15	038	123	202	287	369	454	536	620	705	787	872	954	15
16	041	126	205	290	372	456	538	623	708	790	874	956	16
17	044	128	208	292	374	459	541	626	710	792	877	959	17
18	046	131	210	295	377	462	544	628	713	795	880	962	18
19	049	134	213	298	380	464	546	631	716	798	883	964	19
20	052	137	216	301	383	467	549	634	719	801	885	967	20
21	055	139	219	303	385	470	552	637	721	803	888	970	21
22	057	142	221	306	388	473	555	639	724	806	891	973	22
23	060	145	224	309	391	475	557	642	727	809	893	975	23
24	063	148	227	311	393	478	560	645	730	811	896	978	24
25	066	150	230	314	396	481	563	648	732	814	899	981	25
26	068	153	232	317	399	484	566	650	735	817	902	984	26
27	071	156	235	320	402	486	568	653	738	820	804	986	27
28	074	158	238	322	404	489	571	656	740	822	S07	989	28
29	077	161	240	325	407	492	574	658	743	825	910	992	29
30	079	—	243	328	410	495	577	661	746	828	913	995	30
31	082	—	246	—	413	—	579	664	—	831	—	997	31

Таблица 84

Юлианский период

Число дней, протекших к моменту среднего гринвичского полудня нулевого числа каждого месяца с 1990 по 2060 гг.

Звездочка (*) означает, что первые три цифры нужно взять из второго столбца следующей строки.

Год	Янв.0	Фев.0	Мар.0	Апр.0	Май.0	Июн.0	Июл.0	Авг.0	Сен.0	Окт.0	Ноя.0	Дек.0
1990	244 7892	7923	7951	7982	8012	8043	8073	8104	8135	8165	8196	8226
1991	8257	8288	8316	8347	8377	8408	8438	8469	8500	8530	8561	8591
1992	8622	8653	8682	8713	8743	8774	8804	8835	8866	8896	8927	8957
1993	8988	9019	9047	9078	9108	9139	9169	9200	9231	9261	9292	9322
1994	9353	9384	9412	9443	9473	9504	9534	9565	9596	9626	9657	9687
1995	244 9718	9749	9777	9808	9838	9869	9899	9930	9961	9991	*0022	*0052
1996	245 0083	0114	0143	0174	0204	0235	0265	0296	0327	0357	0388	0418
1997	0449	0480	0508	0539	0569	0600	0630	0661	0692	0722	0753	0783
1998	0814	0845	0873	0904	0934	0965	0995	1026	1057	1087	1118	1148
1999	1179	1210	1238	1269	1299	1330	1360	1391	1422	1452	1483	1513
2000	245 1544	1575	1604	1635	1665	1669	1726	1757	1788	1818	1849	1879
2001	1910	1941	1969	2000	2030	2061	2091	2122	2153	2183	2214	2244
2002	2275	2306	2334	2365	2395	2426	2456	2487	2518	2548	2579	2609
2003	2640	2671	2699	2730	2760	2791	2821	2852	2883	2913	2944	2974
2004	3005	3036	3065	3096	3126	3157	3187	3218	3249	3279	3310	3340
2005	245 3371	3402	3430	3461	3491	3522	3552	3583	3614	3644	3675	3705
2006	3736	3767	3795	3826	3856	3887	3917	3948	3979	4009	4040	4070
2007	4101	4132	4160	4191	4221	4252	4282	4313	4344	4374	4405	4435
2008	4466	4497	4526	4557	4587	4618	4648	4679	4710	4740	4771	4801
2009	4832	4863	4891	4922	4952	4983	5013	5044	5075	5105	5136	5166
2010	245 5197	5228	5256	5287	5317	5348	5378	5409	5440	5470	5501	5531
2011	5562	5593	5621	5652	5682	5713	5743	5774	5805	5835	5866	5896
2012	5927	5958	5987	6018	6048	6079	6109	6140	6171	6202	6232	6262
2013	6293	6324	6352	6383	6413	6444	6474	6505	6536	6566	6597	6627
2014	6658	6689	6717	6748	6778	6809	6839	6870	6901	6931	6962	6992
2015	245 7023	7054	7082	7113	7143	7174	7204	7235	7266	7296	7327	7357
2016	7388	7419	7448	7479	7509	7540	7570	7601	7632	7662	7693	7723
2017	7754	7785	7813	7844	7874	7905	7935	7966	7997	8027	8058	8088

Продолжение таблицы 84

Год	Янв.0	Фев.0	Мар.0	Апр.0	Маи.0	Июн.0	Июл.0	Авг.0	Сен.0	Окт.0	Ноя.0	Дек.0
2018	8119	8150	8178	8209	8239	8270	8300	8331	8362	8392	8423	8453
2019	8484	8515	8543	8574	8604	8635	8665	8696	8727	8757	8788	8818
2020	245 8849	8880	8909	8940	8970	9001	9031	9062	9093	9123	9154	9184
2021	9115	9246	9274	9305	9335	9366	9396	9427	9458	9488	9519	9549
2022	9580	9611	9639	9670	9700	9731	9761	9792	9823	9853	9884	9914
2023	245 9945	9976	'0004	'0035	'0065	'0096	'0126	'0157	'0188	'0218	'0249	'0277
2024	246 0310	0341	0370	0401	0431	0462	0492	0523	0554	0584	0615	0645
2025	246 0676	0707	0735	0766	0796	0827	0857	0888	0919	0949	0980	1010
2026	1041	1072	1100	1131	1161	1192	1222	1253	1284	1314	1345	1375
2027	1406	1437	1465	1496	1526	1557	1587	1618	1649	1679	1710	1740
2028	1771	1802	1831	1862	1892	1923	1953	1984	2015	2045	2076	2106
2029	2137	2168	2196	2227	2257	2288	2318	2349	2380	2410	2441	2471
2030	246 2502	2533	2561	2592	2622	2653	2683	2714	2745	2775	2806	2836
2031	2867	2898	2926	2957	2987	3018	3048	3079	3110	3140	3171	3201
2032	3232	3263	3292	3323	3353	3384	3414	3445	3476	3502	3537	3567
2033	3598	3629	3657	3688	3718	3749	3779	3910	3941	3971	3902	3932
2034	3963	3994	4022	4053	4083	4114	4144	4175	4206	4236	4267	4297
2035	246 4328	4359	4387	4418	4448	4479	4509	4540	4571	4601	4632	4662
2036	4693	4724	4753	4784	4814	4845	4875	4906	4937	4967	4998	5028
2037	5059	5090	5118	5149	5179	5210	5240	5271	5302	5332	5363	5393
2038	5424	5455	5483	5514	5544	5575	5605	5636	5667	5697	5728	5758
2039	5789	5820	5848	5879	5909	5940	5970	6001	6032	6062	6093	6123
2040	246 6154	6185	6214	6245	6275	6306	6336	6367	6398	6428	6459	6489
2041	6520	6551	6579	6610	6640	6671	6701	6732	6763	6793	6824	6854
2042	6885	6916	6944	6975	7005	7036	7066	7097	7128	7158	7189	7219
2043	7250	7281	7309	7340	7370	7401	7431	7462	7493	7523	7554	7584
2044	7615	7646	7675	7706	7736	7767	7797	7828	7859	7889	7920	7950
2045	246 7981	8012	8040	8071	8101	8132	8162	8193	8224	8254	8285	8315
2046	8346	8377	8405	8436	8466	8497	8527	8558	8589	8619	8650	8680
2047	8711	8742	8770	8801	8831	8862	8892	8923	8954	8984	9015	9045
2048	9076	9107	9136	9167	9197	9228	9258	9289	9320	9350	9381	9411
2049	9442	9473	9501	9532	9562	9593	9623	9654	9685	9715	9746	9776

Продолжение таблицы 84

Год	Янв.0	Фев.0	Мар.0	Апр.0	Май.0	Июн.0	Июл.0	Авг.0	Сен.0	Окт.0	Ноя.0	Дек.0
2050	246 9807	9838	9866	9897	9927	9958	9988	*0019	*0050	*0080	*0111	*0141
2051	247 0172	0203	0231	0262	0292	0323	0353	0384	0415	0445	0476	0506
2052	0537	0568	0597	0628	0658	0689	0719	0750	0781	0811	0842	0872
2053	0903	0934	0962	0993	1023	1054	1084	1115	1146	1176	1207	1237
2054	1268	1299	1327	1358	1388	1419	1449	1480	1511	1541	1572	1602
2055	247 1633	1664	1692	1723	1753	1784	1814	1845	1876	1906	1937	1967
2056	1998	2029	2058	2089	2119	2150	2180	2211	2242	2272	2303	2333
2057	2364	2395	2423	2454	2484	2515	2545	2576	2607	2637	2668	2698
2058	2729	2760	2788	2819	2849	2880	2910	2941	2972	3002	3033	3063
2059	3094	3125	3153	3184	3214	3245	3275	3306	3337	3367	3398	3428
2060	247 3459	3490	3519	3550	3580	3611	3641	3672	3703	3733	3764	3794

Таблица 85

Перевод долей дня в часы

Доли дня	Часы	Доли дня	Часа	Доли дня	Часы	Доли дня	Часы	Доли дня	Часы
$0{,}01^d$	$0{,}24^h$	$0{,}21^d$	$5{,}04^h$	$0{,}41^d$	$9{,}84^h$	$0{,}61^d$	$14{,}64^h$	$0{,}81^d$	$19{,}44^h$
0,02	0,48	0,22	5,28	0,42	10,08	0,62	14,88	0,82	19,68
0,03	0,72	0,23	5,52	0,43	10,32	0,63	15,12	0,83	19,92
0,04	0,96	0,24	5,76	0,44	10,56	0,64	15,36	0,84	20,16
0,05	1,20	0,25	6,00	0,45	10,80	0,65	15,60	0,85	20,40
0,06	1,44	0,26	6,24	0,46	11,04	0,66	15,84	0,86	20,64
0,07	1,68	0,27	6,48	0,47	11,28	0,67	16,08	0,87	20,88
0,08	1,92	0,28	6,72	0,48	11,52	0,68	16,32	0,88	21,12
0,09	2,16	0,29	6,96	0,49	11,76	0,69	16,55	0,89	21,36
0,10	2,40	0,30	7,20	0,50	12,00	0,70	16,80	0,90	21,60
0,11	2,64	0,31	7,44	0,51	12,24	0,71	17,04	0,91	21,84
0,12	2,88	0,32	7,68	0,52	12,48	0,72	17,28	0,92	22,08
0,13	3,12	0,33	7,92	0,53	12,72	0,73	17,52	0,93	22,32
0,14	3,36	0,34	8,16	0,54	12,96	0,74	17,76	0,94	22,56
0,15	3,60	0,35	8,40	0,55	13,20	0,75	18,00	0,95	22,80
0,16	3,84	0,36	8,64	0,56	13,44	0,76	18,24	0,96	23,04
0,17	4,08	0,37	8,88	0,57	13,68	0,77	18,48	0,97	23,28
0,18	4,32	0,38	9,12	0,58	13,92	0,78	18,72	0,98	23,52
0,19	4,56	0,39	9,36	0,59	14,16	0,79	18,96	0,99	23,76
0,20	4,80	0,40	9,60	0,60	14,40	0,80	19,20	1,00	24,00

Таблица 86

Перевод часов, минут и секунд в доли суток

	0^h	1^h	2^h	3^h	4^h	5^h		
0^m	$0{,}00000^d$	$0{,}04167^d$	$0{,}08333^d$	$0{,}12500^d$	$0{,}16668^d$	$0{,}20833^d$	0^s	$0{,}00000^d$
1	00069	04236	08403	12569	16736	20903	1	00001
2	00139	04306	08472	12639	16806	20972	2	00002
3	00208	04375	08542	12708	16875	21042	3	00004
4	00278	04444	08611	12778	16944	21111	4	00005
5	0,00347	0,04514	0,08681	0,12847	0,17014	0,21181	5	0,00006
6	00417	04583	08750	12917	17083	21250	6	00007
7	00486	04653	08819	12986	17153	21319	7	00008
8	00556	04722	08889	13056	17222	21389	8	00009
9	00625	04792	08958	13125	17292	21458	9	00010
10	0,00694	0,04861	0,09028	0,13194	0,17361	0,21528	10	0,00012
11	00764	04931	09097	13264	17431	21597	11	00013
12	00833	05000	09167	13333	17500	21667	12	00014
13	00903	05069	09236	13403	17569	21736	13	00015
14	00972	05139	09306	13472	17639	21806	14	00016
15	0,01042	0,05208	0,09375	0,13542	0,17708	0,21875	15	0,00017
16	01111	05278	09444	13611	17778	21944	16	00018
17	01181	05347	09514	13681	17847	22014	17	00020
18	01250	05417	09583	13750	17917	22083	18	00021
19	01319	05486	09653	13819	17986	22153	19	00022
20	0,01389	0,05556	0,09722	0,13889	0,18056	0,22222	20	0,00023
21	01458	05625	09792	13958	18125	22292	21	00024
22	01528	05694	09861	14028	18194	22361	22	00026
23	01597	05764	09931	14097	18264	22431	23	00027
24	01667	05833	10000	14167	18333	22500	24	00028
25	0,01736	0,05903	0,10069	0,14236	0,18403	0,22569	25	0,00029
26	01806	05972	10139	14306	18472	22639	26	00030
27	01875	06042	10208	14375	18542	22708	27	00031
28	01944	06111	10278	14444	18611	22778	28	00032
29	02014	06181	10347	14514	18687	22847	29	00034
30	0,02083	0,06250	0,10417	0,14583	0,18750	0,22917	30	0,00035

Продолжение таблицы 86

	0^h	1^h	2^h	3^h	4^h	5^h		
31	02153	06319	10486	14653	18819	22986	31	00036
32	02222	06389	10556	14722	18889	23056	32	00037
33	02292	06458	10625	14792	18958	23125	33	00038
34	02361	06528	10694	14861	19028	23194	34	00039
36	0,02431	0,06597	0,10764	0,14931	0,19097	0,23264	35	0,00040
36	02500	06667	10833	15000	19167	23333	36	00042
37	02569	06736	10903	14069	19236	23403	37	00043
38	02639	06806	10972	15139	19306	23472	38	00044
39	02708	06875	11042	15208	19375	23542	39	00045
40	0,02778	0,06944	0,11111	0,15278	0,19444	0,23611	40	0,00046
41	02847	07014	11181	15347	19514	23681	41	00048
42	02917	07083	11250	15417	19583	23750	42	00049
43	02986	07153	11319	15486	19653	23819	43	00050
44	03056	07222	11389	15556	19722	23889	44	00051
45	0,03125	0,07292	0,11458	0,15625	0,19792	0,23958	45	0,00052
46	03194	07361	11528	15694	19861	24028	46	00053
47	03264	07431	11597	15764	19931	24097	47	00054
48	03333	07500	11667	15833	20000	24167	48	00056
49	03403	07569	11736	15903	20069	24236	49	00057
50	0,03472	0,07639	0,11806	0,15972	0,20139	0,24306	50	0,00058
51	03542	07708	11875	16042	20208	24375	51	00059
52	03611	07778	11944	16111	20278	24444	52	00060
53	03681	07847	12014	16181	20347	24514	53	00061
54	03750	07917	12083	16250	20417	24583	54	00062
55	0,03819	0,07986	0,12153	0,16319	0,20486	0,24653	55	0,00064
56	03889	08056	12222	16389	20556	24722	56	00065
57	03958	08125	12292	16458	20625	24792	57	00066
58	04028	08194	12361	16528	20694	24861	58	00067
59	04097	08264	12431	16597	20764	24931	59	00068
60	0,04167	0,08333	0,12500	0,16667	0,20833	0,25000	60	0,00069

Таблица 87

Перевод минут и секунд градусной меры (или часовой) в доли градуса (или часа)

′(мин)	°(час)	′(мин)	°(час)	′(мин)	°(час)
1	0,016667	21	0,350000	41	0,683333
2	0,033333	22	0,366667	42	0,700000
3	0,050000	23	0,383333	43	0,716667
4	0,066667	24	0,400000	44	0,733333
5	0,083333	25	0,416667	45	0,750000
6	0,100000	26	0,433333	46	0,766667
7	0,116667	27	0,450000	47	0,783333
8	0,133333	28	0,466667	48	0,800000
9	0,150000	29	0,483333	49	0,816667
10	0,166667	30	0,500000	50	0,833333
11	0,183333	31	0,516667	51	0,850000
12	0,200000	32	0,533333	52	0,866667
13	0,216667	33	0,550000	53	0,883333
14	0,233333	34	0,566667	54	0,900000
15	0,250000	35	0,583333	55	0,916667
16	0,266667	36	0,600000	56	0,933333
17	0,283333	37	0,616667	57	0,950000
18	0,300000	38	0,633333	58	0,966667
19	0,316667	39	0,650000	59	0,983333
20	0,333333	40	0,666667	60	1,000000

′(с)	°(час)	″(с)	°(час)	″(с)	°(час)	″(с)	°(час)
1	0,000278	21	0,005833	41	0,011389	0,01	0,000003
2	0,000556	22	0,006111	42	0,011667	0,02	0,000006
3	0,000833	23	0,006389	43	0,011944	0,03	0,000008
4	0,001111	24	0,006667	44	0,012222	0,04	0,000011
5	0,001389	25	0,006944	45	0,012500	0,05	0,000014
6	0,001667	26	0,007222	46	0,012778	0,06	0,000017
7	0,001944	27	0,007500	47	0,013056	0,07	0,000019
8	0,002222	28	0,007778	48	0,013333	0,08	0,000022
9	0,002500	29	0,008056	49	0,113611	0,09	0,000025
10	0,002778	30	0,008333	50	0,013889	0,10	0,000028
11	0,003056	31	0,008611	51	0,014167	0,1	0,000028
12	0,003333	32	0,008889	52	0,014444	0,2	0,000056
13	0,003611	33	0,009167	53	0,014722	0,3	0,000083
14	0,003889	34	0,009444	54	0,015000	0,4	0,000111
15	0,004167	35	0,009722	55	0,015278	0,5	0,000139
16	0,004444	36	0,010000	56	0,015556	0,6	0,000167
17	0,004722	37	0,010278	57	0,015833	0,7	0,000194
18	0,005000	38	0,010556	58	0,016111	0,8	0,000222
19	0,005278	39	0,010833	59	0,016389	0,9	0,000250
20	0,005556	40	0,011112	60	0,016667	1,0	0,000278

Таблица 88

Перевод часовой меры углов в градусную

Часы в дуге		Минуты времени в дуге				Секунды времени в дуге			
1^h	15°	1^m	0° 15′	31^m	7° 45′	1^s	0′ 15″	31^s	7′ 45″
2	30	2	0 30	32	8 0	2	0 30	32	8 0
3	45	3	0 45	33	8 15	3	0 45	33	8 15
4	60	4	1 0	34	8 30	4	1 0	34	8 30
5	75	5	1 15	35	8 45	5	1 15	35	8 45
6	90	6	1 30	36	9 0	6	1 30	36	9 0
7	105	7	1 45	37	9 15	7	1 45	37	9 15
8	120	8	2 0	38	9 30	8	2 0	38	9 30
9	135	9	2 15	39	9 45	9	2 15	39	9 45
10	150	10	2 30	40	10 0	10	2 30	40	10 0
11	165	11	2 45	41	10 15	11	2 45	41	10 15
12	180	12	3 0	42	10 30	12	3 0	42	10 30
13	195	13	3 15	43	10 45	13	3 15	43	10 45
14	210	14	3 30	44	11 0	14	3 30	44	11 0
15	225	15	3 45	45	11 15	15	3 45	45	11 15
16	240	16	4 0	46	11 30	16	4 0	46	11 30
17	256	17	4 15	47	11 45	17	4 15	47	11 45
18	270	18	4 30	48	12 0	18	4 30	48	12 0
19	285	19	4 45	49	12 15	19	4 45	49	12 15
20	300	20	5 0	50	12 30	20	5 0	50	12 30
21	315	21	5 15	51	12 45	21	5 15	51	12 45
22	330	22	5 30	52	13 0	22	5 30	52	13 0
23	345	23	5 45	53	13 15	23	5 45	53	13 15
24	360	24	6 0	54	13 30	24	6 0	54	13 30
		25	6 15	55	13 45	25	6 15	55	13 45
		26	6 30	56	14 0	26	6 30	56	14 0
		27	6 45	57	14 15	27	6 45	57	14 15
		28	7 0	58	14 30	28	7 0	58	14 30
		29	7 15	59	14 45	29	7 15	59	14 45
		30	7 30	60	15 0	30	7 30	60	15 0

Таблица 89

Перевод долей градуса (или часа) в минуты и секунды

°(час)	′(мин)	°(час)	′(мин)	°(час)	′(мин) ″(с)	°(час)	′(мин) ′ (с)	°(час)	″(с)
0,1	6	0,6	36	0,01	0 36	0,06	3 36	0,001	3,6
0,2	12	0,7	42	0,02	1 12	0,07	4 12	0,002	7,2
0,3	18	0,8	48	0,03	1 48	0,08	4 48	0,003	10,8
0,4	24	0,9	54	0,04	2 24	0,09	5 24	0,004	14,4
0,5	30	1,0	60	0,05	3 00	0,10	6 00	0,005	18,0

°(час)	″(с)	°(час)	″(с)	°(час)	″(с)	°(час)	″(с)	°(час)	″(с)
0,006	21,6	0,0001	0,36	0,0006	2,16	0,00001	0,04	0,00006	0,22
0,007	25,2	0,0002	0,72	0,0007	2,52	0,00002	0,07	0,00007	0,25
0,008	28,8	0,0003	1,08	0,0008	2,88	0,00003	0,11	0,00008	0,29
0,009	32,4	0,0004	1,44	0,0009	3,24	0,00004	0,14	0,00009	0,32
0,010	36,0	0,0005	1,80	0,0010	3,60	0,00005	0,18	0,00010	0,36

Таблица 90

Перевод градусной меры углов в часовую

Градусы во времени				Минуты дуги во времени				Секунды дуги во времени			
1°	$0^h\ 4^m$	120°	$8^h\ 0^m$	1′	$0^m\ 4^s$	31′	$2^m\ 4^s$	1″	$0{,}07^s$	31″	$2{,}07^s$
2	0 8	130	8 40	2	0 8	32	2 8	2	0,13	32	2,13
3	0 12	140	9 20	3	0 12	33	2 12	3	0,20	33	2,20
4	0 16	150	10 0	4	0 16	34	2 16	4	0,17	34	2,27
5	0 20	160	10 40	5	0 20	35	2 20	5	0,33	35	2,33
6	0 24	170	11 20	6	0 24	36	2 24	6	0,40	36	2,40
7	0 28	180	12 0	7	0 28	37	2 28	7	0,47	37	2,47
8	0 32	190	12 40	8	0 32	38	2 32	8	0,53	38	2,53
9	0 36	200	13 20	9	0 36	39	2 36	9	0,60	39	2,60
10	0 40	210	14 0	10	0 40	40	2 40	10	0.67	40	2,67
11	0 44	220	14 40	11	0 44	41	2 44	11	0,73	41	2,73
12	0 48	230	15 20	12	0 48	42	2 48	12	0,80	42	2,80
13	0 52	240	16 0	13	0 52	43	2 52	13	0,87	43	2,87
14	0 56	250	16 40	14	0 56	44	2 56	14	0,93	44	2,93
15	1 0	260	17 20	15	1 0	45	3 0	15	1,00	45	3,00
16	1 4	270	18 0	16	1 4	46	3 4	16	1,07	46	3,07
17	1 8	280	18 40	17	1 8	47	3 8	17	1,13	47	3,13
18	1 12	290	19 20	18	1 12	48	3 12	18	1,20	48	3,20
19	1 16	300	20 0	19	1 16	49	3 16	19	1,27	49	3,27
		310	20 40	20	1 20	50	3 20	20	1,33	50	3,33
20	1 20	320	21 20	21	1 24	51	3 24	21	1,40	51	3,40
30	2 0	330	22 0	22	1 28	52	3 28	22	1,47	52	3,47
40	2 40	340	22 40	23	1 32	53	3 32	23	1,53	53	3,53
50	3 20	350	23 20	24	1 36	54	3 36	24	1,60	54	3,60
60	4 0	360	24 0	25	1 40	55	3 40	25	1,67	55	3,67
70	4 40			26	1 44	56	3 44	26	1,73	56	3,73
80	5 20			27	1 48	57	3 48	27	1,80	57	3,80
90	6 0			28	1 52	58	3 52	28	1,87	58	3,87
100	6 40			29	1 56	59	3 56	29	1,93	59	3,93
110	7 20			30	2 0	60	4 0	30	2,00	60	4,00

Астрономические инструменты и фотообъективы

Таблица 91

Обозначения отечественных астрономических приборов и инструментов

Указаны диаметр и фокусное расстояние объектива (первичный фокус) в миллиметрах.

АВР 1	—	астрономический визуальный рефрактор 200/3000.
АВР 3	—	астрономический визуальный рефрактор 130/2000.
АЗТ 1	—	телескоп Шмидта 530/1800 (Бюраканская обс.).
АЗТ 2	—	рефлектор параболический 700/3150.
АЗТ 3	—	астрономический зеркальный телескоп 457/2030 (Коуровская обс.).
АЗТ 5	—	менисковый телескоп 500/2000.
АЗТ 6	—	менисковый телескоп 250/950.
АЗТ 7	—	менисковый телескоп 200/2000.
АЗТ 8	—	рефлектор параболический 700/3150.
АЗТ 9	—	менисковый телескоп 140/1985.
АЗТ 10	—	телескоп Шмидта 530/1800 (Бюраканская обс.).
АЗТ 11	—	фотоэлектрический рефректор 1250/4000.
АЗТ 12	—	рефлектор параболический 1500/5270.
АЗТ 14	—	рефлектор параболический 480/2160.
АЗТ 15	—	телескоп Шмидта 900/2123 (Шемахинская обс.).
АЗТ 16	—	двухменисковый телескоп 700/2076 (станция ГАО в Чили).
АЗТ 20	—	рефлектор параболический 1500/5270 (Тыравере, Алма-Ата).
АЗТ 22	—	рефлектор Ричи-Кретьен 1500/4500 (Майданакская обс.).
АЗТ 24	—	рефлектор Ричи-Кретьен 1100 мм, лазерный дальномер (Майданак).
АПМ 1	—	пассажный инструмент 100/1000.
АПМ 2	—	зенит-телескоп 180/2400 с фоторегистрацией отсчетов уровней и микрометров (ЗТЛ-180 по наименованию ГАО АН Украины).
АПМ 3	—	фотографическая зенитная труба 250/4000, полностью автоматизированная.
АПМ 4	—	меридианный круг 400/2500 с фоторегистрацией отсчетов кругов.
АПМ 10	—	пассажный инструмент 100/1000.
АПШ 6	—	параллактическая монтировка (штатив).
АС 11	—	двойной метеорный патруль с 4-мя камерами 100/250.
АС 32	—	менисковый телескоп 700/2000 (Абастумани).
АСИ 1	—	небулярный спектрограф (Бюракан и Симеиз).
АСИ 2	—	менисковый телескоп 500/1200 (Алма-Ата).
АСИ 4	—	зеркально-линзовый анаберрационный телескоп Слюсарева-Иоаннисиани 350/1400.
АСИ 5	—	рефлектор с кварцевым бесщелевым спектрографом (системы О. А. Мельникова) 250.

Продолжение таблицы 91

АСП 3	—	спектрограф двухпризменный (к ЗТЭ).
АСП 9	—	спектрограф однопризменный.
АСП 10	—	спектрогелиоскоп.
АСП 11	—	дифракционный спектрограф щелевой.
АСП 12	—	дифракционный спектрограф вакуумный.
АСП 14	—	спектрограф для неподвижного фокуса (к ЗТШ) (с 3-мя камерами).
АСП 16	—	дифракционный спектрограф (к АЗТ 8).
АСП 18	—	спектрограф вакуумный (к БСТ).
АСП 19	—	дифракционный спектрограф (к ЗТЭ).
АСП 20	—	дифракционный спектрограф (к АЦУ 5).
АСП 21	—	дифракционный спектрограф (к АЗТ 8).
АСП 30	—	спектрограф бесщелевой (к АЗТ 12).
АСП 32	—	спектрограф (к АЗТ 12).
АСП 33	—	колориметр (к АЗТ 11).
АСП 36	—	спектрограф щелевой первичного фокуса (к АЗТ 12).
АТБ 1	—	башенный солнечный телескоп (целостаты и объектив 300/15000 либо 300/19200).
АТБ 3	—	башенный солнечный телескоп (целостаты и объектив 380/12920 либо 380/20520).
АФМ 3	—	астрофотометр фотоэлектрический.
АФМ 6	—	астрофотометр фотоэлектрический (модернизированный).
АФР 1	—	астрограф астрометрический широкоугольный 230/2300 (ГАИШ, Майданак).
АФР 2	—	хромосферно-фотосферный телескоп (стандартный) 60/5400.
АФР 3	—	фотогелиограф 130/9100.
АФР 5	—	лунно-планетная камера.
АФР 10	—	камера прямого фотографирования в системе Кассегрена (для АЗТ 12).
АЦУ 5	—	горизонтальный солнечный телескоп 440 (целостат)/17500.
АЧМ 2	—	часовой механизм (без секундного контроля).
АЧМ 3	—	часовой механизм (с секундным контролем).
БДСП	—	большой дифракционный спектрограф (Горная станция ГАО).
БСТ	—	башенный солнечный телескоп (КрАО).
БТА	—	большой телескоп азимутальный (рефлектор) 6000/24000 (САО).
ЗТА	—	рефлектор параболический 2,6 м (Бюраканская обс.).
ЗТШ	—	рефлектор параболический 2,6 м (КрАО), телескоп им. акад. Г. А. Шайна.
ЗТЭ	—	рефлектор параболический 1250/5000 (Южная станция ГАИШ), предназначался для Энгельгардтовской обсерватории.
КГ 1	—	коронограф солнечный внезатменный (КрАО).
МТМ-200	—	менисковый телескоп 200/2500.
МТМ-500	—	менисковый телескоп 500/6500.
ПМIV–VI	—	параллактические монтировки.
СП 72	—	спектрограф щелевой.
ФГ 1	—	фотогелиограф стандартный (менисковый телеобъектив) 100/8250.
ЧМ 1	—	часовой механизм (гиревой).

Таблица 92

Характеристики некоторых отечественных фотообъективов

Наименование	Относит. отверстие	Фокусное расстояние	Диаметр поля	На какой камере монтирован
МТО-1000	1 : 10	1000 мм	2,5°	Зенит
МТО-500	1 : 8	500	5	Зенит
Таир-3А	1 : 4,5	300	8	Зенит-3М
Телемар-22	1 : 5,6	200	16	Зенит
Юпитер-6	1 : 2,8	180	14	Зенит
Юпитер-11	1 : 4	135	18	Киев, Зорькии
Таир-11	1 : 2,8	135	18	Зенит-3М
Гелиос-40	1 : 1,5	85	28	Зенит-3М
Юпитер-9	1 : 2	85	29	Зенит-3М, Зорькии-10
Рубин-1	1 : 2,8	37–80*	60–25	Зенит-6
Т-22	1 : 4,5	75	58	Спутник (стереоск.)
Мир-3	1 : 3,5	65	65	Салют
Гелиос-44	1 : 2	58	55	Зенит-3М
Индустар-61	1 : 2,8	52	46	Зенит-16, Зенит-ЕМ
Индустар-26М	1 : 2,8	50	45	ФЭД-3
Индустар-50	1 : 5	50	25 × 120**	ФТ-2
Вега-3	1 : 2,8	50	45	Зенит-4, Зенит-5
Юпитер-8	1 : 2	50	45	Киев-4А, Киев-4
Индустар-63	1 : 2,8	45	45	Чайка, Зорький-10
Т-48	1 : 2,8	45	45	Восход
Т-43	1 : 4	40	40	Смена-8
Мир-20М	1 : 3,5	20	98	Зенит-16, Зенит-ЕМ

* Переменное фокусное расстояние.
** Для панорамных снимков 24 × 110 мм.

Координаты городов и обсерваторий

Таблица 93

Координаты городов

Административные центры России

Город	Широта	Восточн. долгота	Часовой пояс
Абакан	53° 43′	91° 26′	6
Агинское	51 06	114 32	8
Анадырь	64 44	177 31	11
Архангельск	64 32	40 35	2
Астрахань	46 22	48 04	2
Барнаул	53 21	83 45	5
Белгород	50 36	36 35	2
Биробиджан	48 47	132 55	9
Благовещенск-на-Амуре	50 17	127 32	8
Брянск	53 15	34 23	2
Великий Новгород	58 32	31 16	2
Владивосток	43 07	131 54	9
Владикавказ	43 02	44 41	2
Владимир	56 09	40 25	2
Волгоград	48 44	44 31	2
Вологда	59 13	39 54	2
Воронеж	51 40	39 12	2
Вятка	58 36	49 39	3
Горно-Алтайск	51 57	85 57	6
Грозный	43 18	45 42	2
Дудинка	69 24	86 11	6
Екатеринбург	56 51	60 37	4
Иваново	57 00	40 58	2
Ижевск	56 49	53 11	3
Иркутск	52 18	104 15	7
Йошкар-Ола	56 38	47 54	2
Казань	55 46	49 08	2
Калининград	54 40	20 30	1
Калуга	54 32	36 17	2
Кемерово	55 22	86 02	6
Кострома	57 46	40 56	2
Краснодар	45 02	39 00	2
Красноярск	56 03	92 48	6
Кудымкар	59 00	54 40	4
Курган	55 27	65 20	4
Курск	51 45	36 13	2
Кызыл	51 43	94 26	6
Липецк	52 36	39 35	2
Магадан	59° 33′	150° 49′	10

Продолжение таблицы 93

Город	Широта	Восточн. долгота	Часовой пояс
Майкоп	44 36	40 06	2
Махачкала	42 58	47 29	2
Москва, центр	55 45	37 42	2
Мурманск	68 59	33 07	2
Назрань	43 13	44 47	2
Нальчик	43 29	43 36	2
Нарьян-Мар	67 39	53 04	2
Нижний Новгород	56 20	44 00	2
Новосибирск	55 03	83 00	5
Омск	55 00	73 22	5
Орел	52 58	36 05	2
Оренбург	51 47	55 07	4
Палана	59 05	159 57	11
Пенза	53 11	45 01	2
Пермь	58 01	56 15	4
Петрозаводск	61 47	34 21	2
Петропавловск-Камчатский	53 02	158 40	11
Псков	57 49	28 20	2
Ростов-на-Дону	47 15	39 44	2
Рязань	54 37	39 43	2
Салехард	66 32	66 36	4
Самара	53 11	50 08	3
Санкт-Петербург	59 55	30 20	2
Саранск	54 11	45 11	2
Саратов	51 31	46 00	2
Смоленск	54 47	32 03	2
Ставрополь	45 03	41 59	2
Сыктывкар	61 40	50 49	2
Тамбов	52 43	41 26	2
Тверь	56 51	35 54	2
Томск	56 30	85 00	6
Тула	54 12	37 35	2
Тура	64 17	100 14	6
Тюмень	57 09	65 33	4
Улан-Удэ	51 49	107 38	7
Ульяновск	54 18	48 20	2
Усть-Ордынский	52 48	104 45	7
Уфа	54 45	56 00	4
Хабаровск	48 30	135 07	9
Ханты-Мансийск	61 00	69 01	4
Чебоксары	56 08	47 16	2
Челябинск	55 12	61 25	4
Черкесск	44 14	42 03	2
Чита	52 03	113 30	8
Элиста	46 19	44 16	2
Южно-Сахалинск	46 57	142 44	9
Якутск	62 02	129 44	8
Ярославль	57 38	39 53	2

Продолжение таблицы 93

Административные зарубежные центры

Город	Широта	Восточная долгота
Аделаида	−34° 56′	138° 41′
Акмола	51 08	71 22
Актюбинск	50 17	57 12
Алма-Ата	43 18	76 56
Амстердам	52 21	4 54
Анкара	39 55	32 50
Афины	38 00	23 44
Ашхабад	37 58	58 24
Баку	40 23	49 53
Бангкок	13 44	100 30
Берлин	52 32	13 25
Берн	46 57	7 26
Бишкек	42 40	74 50
Бонн	50 44	7 06
Братислава	48 10	17 10
Будапешт	47 30	19 03
Бухара	39 47	64 26
Варшава	52 13	21 00
Вашингтон	38 55	77 00
Вена	48 13	16 22
Венеция	45 26	12 20
Вильнюс	54 40	25 19
Гавана	23 07	−82 25
Дарвин	−12 23	130 44
Дели	28 40	77 14
Днепропетровск	48 29	35 00
Донецк	48 00	37 50
Душанбе	38 38	68 51
Ереван	40 10	44 31
Запорожье	47 50	35 10
Каир	30 03	31 15
Канберра	−35 18	149 08
Караганда	49 53	73 07
Катманду	27 42	85 19
Кейптаун	−33 56	18 28
Киев	50 30	30 28
Кишинев	47 00	28 50
Лиссабон	38 42	−9 10
Лондон	51 30	−0 05
Лос-Анджелес	34 00	−118 15
Львов	49 50	−24 01
Мадрид	40 25	−3 43
Мекка	21 26	39 49
Мельбурн	−37 45	144 58
Мехико	19 20	−99 10

Продолжение таблицы 93

Город	Широта	Восточн. долгота
Минск	53 53	27 32
Монреаль	45° 30′	73° 36′
Нью-Йорк	40 45	74 00
Одесса	46 30	30 46
Париж	48 52	2 20
Прага	50 05	14 22
Рига	56 53	24 08
Рим	41 51	12 30
Самарканд	39 40	66 58
Сан-Франциско	37 45	−122 27
Семипалатинск	50 26	80 16
Сидней	−33 55	151 10
Симферополь	44 58	34 07
Сингапур	1 27	103 30
София	42 45	23 20
Стамбул	41 02	28 57
Стокгольм	59 20	18 05
Таллинн	59 22	24 48
Ташкент	41 16	69 13
Тбилиси	41 43	44 48
Тегеран	35 40	51 26
Токио	35 40	139 45
Ханой	21 01	105 52
Харьков	50 00	36 15
Хельсинки	60 08	24 00
Черкассы	49 27	32 05
Эдинбург	55 57	−3 13

Таблица 94

Координаты обсерваторий

Название	Место расположения	Широта	Восточ. долгота	Высота над ур. моря
		° ′	° ′	м
Астрономические обсерватории России				
Главная астрон. обс. РАН (ГАО, Пулковская)	Санкт-Петербург	59 46	30 20	75
Гос. астроном. институт им. П. К. Штернберга (ГАИШ)	Москва, МГУ	55 42	37 33	194
Краснопресненская обс. МГУ	Москва, центр	55 45	37 34	142
Южная лаборатория ГАИШ	Крым, пос. Научный	44 44	34 02	550

Продолжение таблицы 94

Название	Место расположения	Широта		Восточ. долгота		Высота над ур. моря
		°	′	°	′	м
Спец. астрофиз. обс. РАН (САО, Зеленчукская)	Ставропольский край гора Семиродники	43	39	41	26	2100
Обс. им. В. П. Энгельгардта	близ Казани	55	50	48	49	98
Станция Пулковской обс.	близ Кисловодска	43	44	42	32	2130
Обс. С.-Петерб. ун-та	С.-Пб., центр	59	57	30	16	4
Обс. Иркутского ун-та	Иркутск	52	17	104	20	456
Обс. Калининград. ун-та	Калининград	54	43	20	30	24
Саянская солнечная обс. ИСЗФ СО РАН	пос. Монды	51	37	101	00	2000
Саянская горная радиообс.	Восточные Саяны	51	46	102	12	832
Обс. Уральского ун-та	дер. Коуровка	56	52	59	33	290
Обс. Томского ун-та	Томск	56	28	84	58	130
Обс. Ростовского ун-та	Ростов	47	14	39	43	—
Звенигородская обс.	Московская обл.	55	42	36	46	180

Обсерватории ближнего зарубежья

Украина						
Крымская астрофизическая обс. АН Украины (КрАО)	Крым, пос. Научный	44	44	34	02	550
	Крым, пос. Симеиз	44	24	34	00	667
Ин-т радиоастрономии	Харьков	49	38	36	56	150
Обс. Харьковского ун-та	Харьков	50	00	36	14	138
Главная астрон. обс. АН Укр.	Киев, Голосеево	50	22	30	30	188
Обс. Киевского ун-та	Киев	50	27	30	30	184
Обс. Львовского ун-та	Львов	49	50	24	02	330
Николаевская астр. обс.	Николаев	46	58	31	58	54
Обс. Одесского ун-та	Одесса	46	29	30	46	51
Филиал обс. Одесск. ун-та	Одесса, Маяки	46	24	30	16	10
Армения						
Бюраканская астрофиз. обс.	близ Еревана	40	21	44	18	1500
Эстония						
Астрофиз. обс. Тарту	Тыравере	58	16	26	28	70
Старая обсерватория ун-та	Тарту	58	23	26	43	67
Грузия						
Абастуманская астрофиз. обс. АН Грузии	пос. Абастумани, гора Канобили	41	45	42	50	1600

Продолжение таблицы 94

Название	Место расположения	Широта	Восточ. долгота	Высота над ур. моря
		° ′	° ′	м
Казахстан				
Астрофиз. ин-т им. В. Г. Фесенкова АН Казахстана	Алма-Ата, Каменское плато	43 11	76 57	1450
Тянь-Шаньская астр. обс.	Заилийский Алатау	43 04	76 58	2760
Ассы-Тургенская обс.	Заилийский Алатау	43 15	77 48	2600
Латвия				
Обс. Латвийского ун-та	Рига	56 57	24 07	39
Радиоастрофизич. обс.	Рига	56 47	24 24	75
Литва				
Обс. Вильнюсского ун-та	Вильнюс	54 41	25 15	122
Таджикистан				
Институт астрофизики	Душанбе	38 34	68 47	820
Туркмения				
Астрофиз. лаб. Физ.-тех. ин-та	близ Ашхабада	37 57	58 21	–
Узбекистан				
Ташкентская обс. АН Узб.	Ташкент	41 20	69 18	479
Широтная станция	Китаб	39 08	66 53	658
Майданакская обс.	гора Майданак	38 41	66 53	2300
Азербайджан				
Шемахинская астрофиз. обс.	плато Пиркули	40 46	48 35	1435

Некоторые обсерватории дальнего зарубежья

Аргентина				
Кордобская АО, Cordoba Ast. Obs.	Кордоба	−31 25	−64 12	434
Австралия				
Англо-австралийская обс. Anglo-Australian Obs.	Новый Южн. Уэльс	−31 17	149 04	1164
Нац. радиоастрон. обс. Australian NRAO, Parkes	Новый Южн. Уэльс	−33 00	148 16	392
Обс. Маунт Стромло Mount Stromlo Obs.	Канберра	−35 19	149 01	767

Продолжение таблицы 94

Название	Место расположения	Широта	Восточ. долгота	Высота над ур. моря
		° ′	° ′	м
Обс. Сайдинг Спринг Siding Spring Obs.	Новый Южн. Уэльс	−31 16	149 04	1149
Канада				
Обс. Данлоп, David Dunlap Obs.	Онтарио	43 52	−79 25	244
Доминионская астроф. обс. Dominion Astrophis. Obs.	Брит. Колумбия	48 31	−123 25	238
Чили				
Межамериканская обс. Cerro Tololo Inter-Amer.	Сьерра Тололо	−30 10	−70 49	2215
Европейская южная обс. European South. Obs.	Сьерра Ла Силья	−29 15	−70 44	2347
Обс. Лас Кампанас Las Campanas Obs.	Лас Кампанас	−29 01	−70 42	2282
Обс. Паранал, Paranal Obs.	Сьерра Паранал	−24 38	−70 24	2635
Китай				
Обс. Пекинского ун-та	Пекин	39 57	116 22	70
Обс. Пурпурной горы	Пурпурная Гора	32 04	118 49	267
Чехия				
Обс. Ондржейов, Ondrejov Obs.	Ондржейов	49 55	14 47	533
Франция				
Обс. Лазурного берега Cote d'Azur Obs.	Ницца, Монт-Грос	43 43	7 18	372
Медонская обс., Meudon Obs.	Медон	48 48	2 14	162
Парижская обс., Paris Obs.	Париж	48 50	2 20	67
Обс. Пик-дю-Миди Pic du Midi Obs.	Пиренеи	42 56	0 09	2861
Германия				
Ин-т радиоастр. им. Планка Max Plank Inst. Radio Ast.	Эффельсберг	50 32	6 53	369
Астрофиз. обс. Potsdam Astrophys. Obs.	Потсдам	52 23	13 04	107
Зоннебергская обс. Sonneberg Obs.	Зоннеберг	50 23	11 12	640
Хайдельбергская обс. State Obs. Heidelberg	Хайдельберг	49 24	8 43	570

Продолжение таблицы 94

Название	Место расположения	Широта	Восточ. долгота	Высота над ур. моря
		° ′	° ′	м
Венгрия				
Обс. Конколи, Konkoly Obs.	Конколи	47 30	18 58	474
Италия				
Астрофиз. обс. Арчетри Arcetri Astrophys. Obs.	Арчетри	43 45	11 15	184
Астрофиз. обс. Азьяго Asiago Astrophys. Obs.	Азьяго	45 52	11 32	1084
Обс. Каподимонте Capodimonte Ast. Obs.	Неаполь	40 52	14 15	150
Астрофиз. обс. Катании Catania Astrophys. Obs.	Катания	37 30	15 05	47
Обс. ун-та Палермо Palermo Univ. Ast. Obs.	Палермо	38 07	13 21	72
Япония				
Нац. астрон. обс. National. Ast. Obs.	Митака	35 40	139 32	58
Солнечная радио обс. Nobeyama Sol. Rad. Obs.	Нобеяма	35 56	138 29	1350
Мексика				
Нац. астр. обс., National. Ast. Obs.	Тонантцинтла	19 02	−98 19	2150
Нидерланды				
Лейденская обс., Leiden Obs.	Лейден	52 09	4 29	12
Польша				
Обс. Варшавского ун-та Warsaw Univ. Ast. Obs.	Островик	52 05	21 25	138
Обс. Познаньского ун-та Poznan Univ. Ast. Obs.	Познань	52 24	16 53	85
Южная Африка				
Южно-Африканская обс. South African Ast. Obs.	Кейптаун	−33 56	18 29	18
Испания				
Нац. астрон. обс. National Ast. Obs.	Мадрид	40 25	−3 41	670

Продолжение таблицы 94

Название	Место расположения	Широта		Восточ. долгота		Высота над ур. моря
		°	′	°	′	м
Обс. Рока-де-лос-Мучачос Roque de los Muchachos Obs.	о. Пальма	28	46	−17	53	2326
Обсерватория Тейде, Teide Obs.	о. Тенерифе	28	18	−16	30	2395
Швеция						
Лундская обсерватория Lund Obs.	Лунд	55	42	13	11	34
Великобритания						
Обс. Кембриджского ун-та Cambridge Univ. Obs.	Кембридж	52	13	0	06	30
Эдинбургская Королевск. обс. Royal Obs. Edinburgh	Эдинбург	55	56	−3	11	146
США						
Нац. обс. Кит Пик Kitt Peak Nat. Obs.	Кит Пик, Аризона	31	58	−111	36	2120
Ловелловская обс., Lowell Obs.	Флагстаф, Аризона	35	12	−111	40	2219
Нац. радиоастр. обс.	Грин Бенк	38	26	−79	50	836
Nat. Radio Ast. Obs.	Сокорро	34	05	−107	37	2124
	Кит Пик	31	57	−111	37	1939
Солнечная обс. Биг-Беар Big Bear Solar Obs.	Биг-Беар Сити	34	15	−116	55	2067
Ликская обсерватория, Lick Obs.	гора Гамильтон, Калифорния	37	21	−121	38	1290
Обс. Маунт-Вилсон Mount Wilson Obs.	Пасадена, Калифорния	34	13	−118	04	1742
Паломарская обс., Palomar Obs.	гора Паломар, Калифорния	33	21	−116	52	1706
Морская обс. США U. S. Naval Obs.	г. Вашингтон	38	55	−77	04	92
Обс. Мауна-Кеа, Mauna Kea Obs.	Гавайи	19	49	−155	28	4214
Обс. Апачи-Поинт Apache Point Obs.	Санспот, Нью Мексико	32	47	−105	49	2781
Обс. Мак-Дональд McDonald Obs.	Форт Дэвис, Техас	30	40	−104	01	2075

Более подробную таблицу см. в последних выпусках The Astronomical Almanac (Washington/London).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Полная карта Луны

Составлена в 1979 г. ГАИШ и Топогеодезической службой в масштабе 1 : 5 млн (в 1 см — 50 км) по всем материалам, полученным советскими и американскими исследователями. Научный руководитель Ю. Н. Липский. Проекция произвольная цилиндрическая для основной карты и равноугольная азимутальная для полярных областей. Масштаб приведенной здесь схемы около 220 км в 10 мм (по параллели 30°). Линейные измерения в других местах можно вести с масштабом, изменяющимся с селенографической широтой (см. вспомогательный чертеж). Сетка и шахматное обозначение прямоугольников даны на чертеже вместе с контурами наиболее заметных деталей. В таблице даны русские и латинские названия и положение центра либо обозначение прямоугольников, на которые распространяется данная деталь. Номера таблицы соответствуют номерам на чертеже. Системы лучей обозначены знаком (л.) после номера. Названия кратеров на обратной стороне Луны утверждены Международным Астрономическим Союзом. Названия некоторых кратеров еще ждут международного согласования: читатель вставит их в таблицу сам по мере их опубликования.

Список главнейших образований на поверхности Луны

Океан Бурь	Oceanus Procellarum	Г-К 11–15
Море Влажности	Mare Humorum	М 14, 15
» Восточное	» Orientale	Л-М 9
» Гумбольдта	» Humboldtianum	Г 26
» Дождей	» Imbrium	Д-Ж 16–18
» Изобилия	» Fecunditatis	И-Л 23, 24
» Краевое	» Marginis	З 27
» Кризисов	» Crisium	З 24, 25
» Мечты	» Ingenii	Н 34, 35
» Москвы	» Moscoviense	Ж 33
» Нектара	» Nectaris	Л 22
» Облаков	» Nubium	Л-М 17
» Паров	» Vaporum	З 19
» Познанное	» Cognitum	К-Л 16
» Смита	» Smythii	И, К 27
» Спокойствия	» Tranquillitatis	З-И 21, 22
» Холода	» Frigoris	Г 16–22
» Южное	» Australe	Н, О 28
» Ясности	» Serenitatis	Ж-Е 20, 21
Озеро Весны	Lacus Veris	Л-М 10
Залив Зноя	Sinus Aestuum	З 18
» Радуги	» Iridum	Д 15, 16
» Росы	» Rons	Г-Д 13, 14

Горы Алтай	Montes Altai	М 21
» Альпы	» Alpes	Д 18
» Апеннины	» Apenninus	З 18
» Кавказ	» Caucasus	Е 19
» Карпаты	» Carpatus	З 16
» Пиренеи	» Pyrenaeus	Л 23
Прямая стена	Rupes Recta	М 18
Долина Альпийская	Vallis Alpes	Д 19
» Снеллиуса	» Snellius	М 23
Борозда Гигина	Rima Hyginus	З 19

Кратеры полярных областей

Северная полярная область			Южная полярная область		
1 Эмден	Emden	BI	1 Шейнер	Scheiner	PVI
2 Стеббинс	Stebbins	BII	2 Бланкан	Blancanus	PVI
3 Зоммерфельд	Sommerfeld	BI	3 Грюмбергер	Gruemberger	PVI
4 Гамов	Gamow	BXI	4 Курций	Curtius	PVII
5 Вант Гофф	Van't Hoff	BII	5 Мут	Mutus	PVIII
6 Робертс	Roberts	БI	6 Манцини	Manzinus	PVII
7 Карпинский	Karpinski	БXII	7 Морет	Moretus	CVI
8 Сирс	Seares	БXII	8 Беттини	Bettinus	PV
9 Миланкович	Milankovic	БXII	9 Клапрот	Klaproth	CVI
10 Мезенцев	Mesentsev	БII	10 Симпелий	Simpelius	CVII
11 Шварцшильд	Schwarzschild	БXI	11 Казати	Casatus	CV
12 Пласкетт	Plaskett	AXII	12 Шомбергер	Schomberger	PIV
13 Рождественский	Rozhdestwensky	AI	13 Богуславский	Boguslawsky	CVIII
14 Смолуховский	Smoluchowski	BIII	14 Гельмгольц	Helmholtz	PIX
15 Линдблад	Lindblad	БIII	15 Байи	Bailly	PIV
16 Пири	Peary	AVI	16 Демонакс	Demonax	CIX
17 Наясен	Nansen	БX	17 Неймайер	Neumayer	CIX
18 Белькович	Belkovic	BIX	18 Скотт	Scott	TVIII
19 Эрмит	Hermite	AIII	19 Лежантиль	Legentil	CIV
20 Бриаишон	Brianchon	БIV	20 Кабео	Cabeus	TV
21 Кремона	Cremona	BIII	21 Больцман	Boltzmann	CIV
22 Николай Кузанский	Cusanus	БIX	22 Хаузен	Hausen	PIII
23 Хайн	Hayn	BIX	23 Дригальский	Drigalski	CIII
24 Дезарг	Desargues	BIV	24 Амундсен	Amundsen	TX
25 Паскаль	Pascal	BIV	25 Хейл	Hale	CX
26 Петерман	Petermann	BIX	26 Векслер	Wexler	PX
27 Пифагор	Pythagoras	BIV	27 Гансвиндт	Ganswindt	CX
28 Карпентер	Carpenter	BV	28 Идельсон	Idelson	CXI
29 Метон	Meton	BVII	29 Пецваль	Petzval	PIII
30 Анаксагор	Anaxagoras	BVI	30 Шредингер	Schrodinger	PXI
31 Арнольд	Arnold	BVIII	31 Зееман	Zeeman	CII

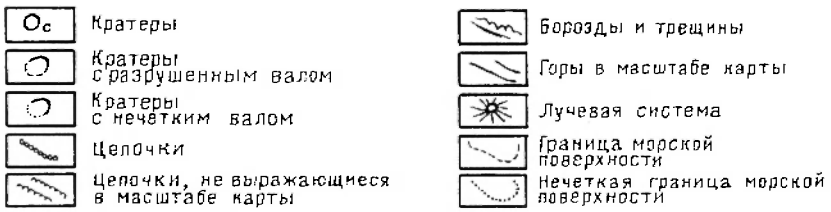
Северная полярная область			Южная полярная область		
32 Фалес	Thales	BVIII	32 Алехин	Alekhin	PII
33 Дж. Гершель	Herschel J.	BV	33 Леметр	Lemaitre	PI
34 Бирмингем	Birmingham	BVI	34 Нумеров	Numerov	PI
35 В. Бонд	Bond W.	BVII	35 Антониади	Antoniadi	PI
36 Кейн	Kane	BVII			

Кратеры основной карты

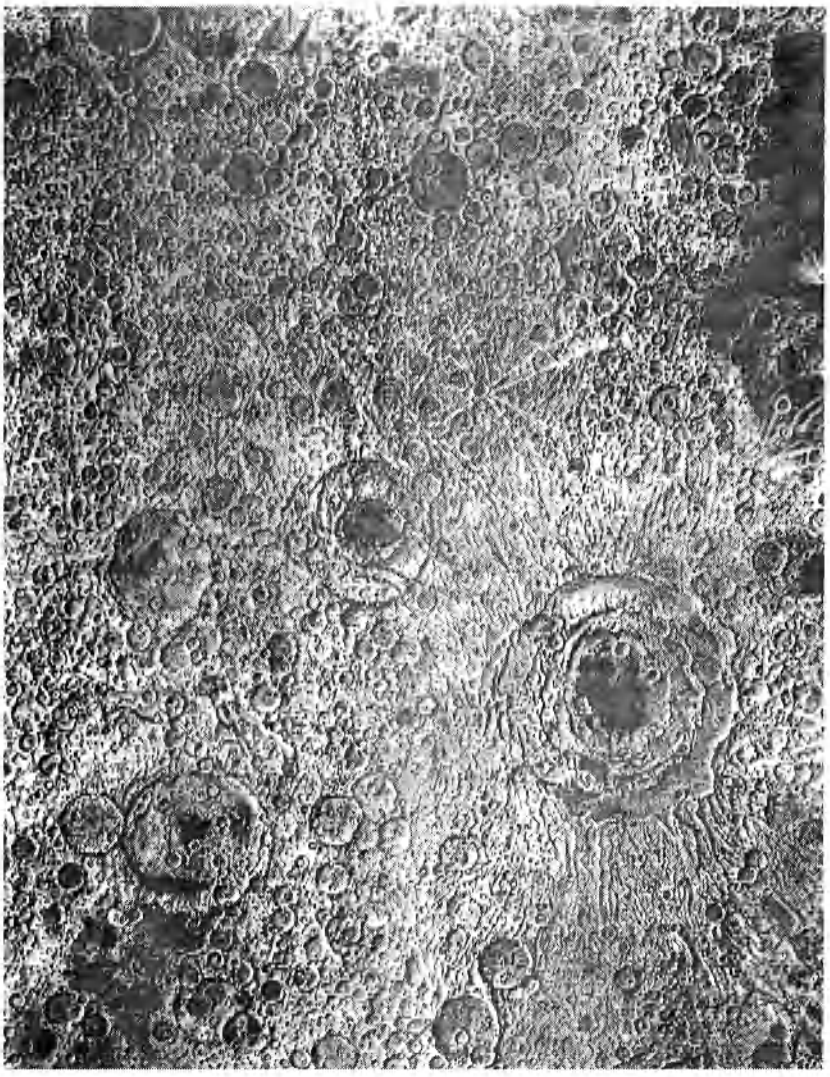
1 Дэвиссон	Davisson	H1	38 Ленгмюр	Langmuir	H6
2 Орлов	Orlov	M1	39 Белопольский	Belopol'skij	Лб
3 Левенгук	Leeuwenhoek	M1	40 Ферсман	Fersman	36
4 Гильом	Guillaume	Д1	41 Брауэр	Brouwer	H6
5 Румфорд	Rumford	M1	42 Фридман	Fridman	Л6
6 Морзе	Morse	Ж1	43 Майкельсон	Michelson	И6
7 Максутов	Maksutov	H1	44 Вейль	Weyl	36
8 Фицджеральд	Fitzgerald	Ж1	45 Фрост	Frost	E7
9 Оппенгеймер	Oppenheimer	H2	46 Ландау	Landau	Д7
10 Жуковский	Zhukovskij	И2	47 Блэкетт	Blackett	H7
11 Мак Мас	Mc Math	32	48 Липпман	Lippman	П7
12 Роуланд	Rowland	Г2	49 Штернберг	Sternberg	37
13 Доплер	Doppler	Л3	50 Ом	Ohm	37
14 Королев	Korolev	K3	51 Вегенер	Wegener	Д7
15 Бальде	Baldet	П3	52 Стефан	Stefan	Д8
16 Аполлон	Apollo	H3	53 Мендель	Mendel	O8
17 Параскевопулос	Paraskevopoulos	Г3	54 Паренаго	Parenago	Ж8
18 Биркхофф	Birkhoff	Г4	55 Рынин	Rynin	Д8
19 Мах	Mach	33	56 Лоренц	Lorentz	E9
20 Цандер	Tsander	И3	57 Маундер	Maunder	Л9
21 Минковский	Minkowski	П3	58 Ридберг	Rydberg	O9
22 Карно	Carnot	Г4	59 Нернст	Nernst	E9
23 Цейпель	Von Zeipel	Д4	60 Рентген	Rontgen	E9
24 Джоуль	Joule	Ж4	61 Эйнштейн	Einstein	310
25 Клют	Klute	E4	62 Жерар	Qerard	Д10
26 Кекуле	Kekule	34	63 Вольта	Volta	Г10
27 Физо	Fizeau	П5	64 Бувар	Bouyard	H10
28 Вавилов	Vavilov	K5	65 Ксенофан	Xenophanes	Г10
29 Пашен	Paschen	Л4	66 Яковкин	Yakovkin	П11
30 Клейменов	Kleimenov	H4	67 Струве	Struve	Ж11
31 Пойнтинг	Poynting	35	68 Гедин	Hedin	И11
32 Чебышев	Chebyshev	H5	69 Риччоли	Riccioli	K11
33 Шарлье	Charlier	E5	70 Пенгре	Pingre	П11
34 Бюффон	Buffon	O5	71 Лагранж	Lagrange	H11
35 Ковалевская	Kovalevskaja	E5	72 Эддингтон	Eddington	Ж11
36 Герцшпрунг	Hertzsprung	И6	73 Дарвин	Darwin	M12
37 Иоффе	Ioffe	Л6	74 Гримальди	Grimaldi	K12

75	Пиацци	Piazzi	Ш2
76	Ингирами	Inghirami	О12
77	Гевелий	Hevelius	И12
78	Бюрги	Byrgius	М12
79	Фокилид	Phocylides	П13
80	Виет	Vieta	М13
81	Шиккард	Schickard	О13
82	Саут	South	Г13
83	Мариус	Marius	313
84	Аристарх	Aristarchus	Ж14
85	Гарпал	Harpalus	Г14
86	Меран	Mairan	Д14
87	Гассенди	Gassendi	Л15
88	Шиллер	Schiller	П15
89	(л.) Кеплер	Kepler	И15
90	Ми	Mee	О15
91	Хайнцель	Hainzel	О15
92	Бьянкини	Bianchini	Д15
93	Шейнер	Scheiner	П16
94	Кампано	Campanus	М16
95	Мопертюи	Maupertuis	Д16
96	Капуан	Capuanus	Н16
97	Лонгомонтан	Longomontanus	О16
98	Буллиальд	Bullialdus	М16
99	(л.) Коперник	Copernicus	И17
100	Клавий	Clavius	П17
101	(л.) Тихо	Tycho	О17
102	Эратосфен	Eratosthenes	317
103	Платон	Plato	Г18
104	Маджини	Maginus	О18
105	Архимед	Archimedes	Ж18
106	Деландр	Deslandres	Н18
107	Птолемей	Ptolemaeus	К18
108	Альфонс	Alphonsus	Л18
109	Арзахель	Arzachel	Л18
110	Пурбах	Purbach	М18
111	Региомонтан	Regiomontanus	М18
112	Вернер	Werner	М19
113	Аристилл	Aristillus	Е19
114	Аль-Баттани	Albategnius	Л19
115	Гиппарх	Hipparchus	К19
116	Штёфлер	Stofler	О19
117	Алиацензий	Aliacensis	Н19
118	Лицет	Licetus	О19
119	Апиан	Apianus	М19
120	Кювье	Cuv'ier	П19
121	Мавролик	Maurolycus	О20
122	Гемма Фризий	Gemma Frisius	Н20
123	Абу-ль-Фида	Abulfeda	Л20
124	Юлий Цезарь	Julius Caesar	И20
125	Барошци	Barocius	О20
126	Сакробоско	Sacrobosco	М20
127	Деламбр	Delambre	К20
128	Евдокс	Eudoxus	Д20
129	Аристотель	Aristoteles	Г20
130	Загут	Zagut	Н21
131	Рабби Леви	Rabbi Levi	Н21
132	Кирилл	Cyrillus	Л21
133	Плиний	Plinius	321
134	Теофил	Theophilus	Л21
135	Бюрг	Burg	Д21
136	Посидоний	Posidonius	Е21
137	Питиск	Pitiscus	П22
138	Пикколомини	Piccolomini	М22
139	Фракасторо	Fracastorius	М22
140	Гертнер	Gartner	Г22
141	Хоммель	Hommel	П22
142	Влакк	Vlacq	П22
143	Геркулес	Hercules	Д22
144	Жансен	Janssen	О23
145	Фабрициус	Fabricius	О23
146	Розенбергер	Rosenberger	П23
147	Гоклений	Goclenius	К23
148	Макробий	Macrobius	Ж23
149	Атлас	Atlas	Д23
150	Метий	Metius	О23
151	Сантбек	Santbech	М23
152	Тарунций	Taruntius	И23
153	Рейта	Rheita	Н23
154	Франклин	Franklin	Е23
155	Рейхенбах	Reichenbach	Н23
156	Де ла Рю	De la Rue	Г24
157	Стевин	Stevinus	Н24
158	Клеомед	Cleomedes	Ж24
159	Эндимион	Endimion	Г24
160	Гемин	Geminus	Е24
161	Снеллиус	Snellius	М24
162	Мессала	Messala	Е25
163	Лангрен	Langrenus	К25
164	Вендилин	Vendelinus	Л25
165	Петавий	Petavius	М25
166	Фурнерий	Furnerius	Н25

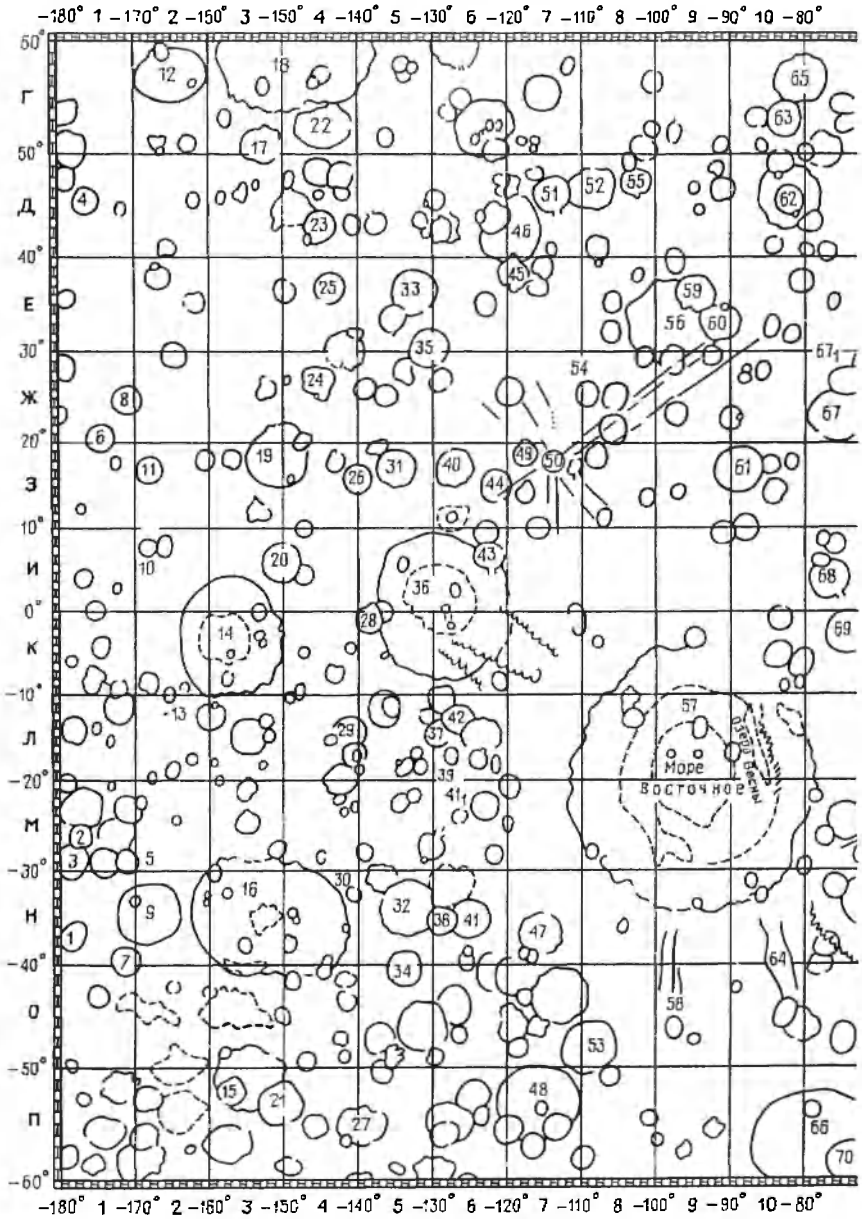
167	Фирмик	Firmicus	И25	204 Кантор	Cantor	Е30
168	Понтекулан	Pontecoulant	П25	205 Лангемак	Langemak	Л30
169	Кондорсе	Condorcet	325	206 Кинг	King	И31
170	Бальмер	Balmer	М25	207 Оствальд	Ostwald	И31
171	Берос	Berosus	Е25	208 Милликен	Millikan	Д31
172	Зенон	Zeno	Д26	209 Уэллс	Wells	Д31
173	Хан	Hahn	Е26	210 Вольтерра	Volterra	Г31
174	Лаперуз	La Perouse	Л26	211 Неуймин	Neujmin	М31
175	Окен	Oken	О26	212 Циолковский	Tsiolkovsky	М31
176	Гаусс	Gauss	Е26	213 Планк	Planck	П32
177	Гекатей	Heckataus	М26	214 Рош	Roche	О32
178	Кестнер	Kastner	К26	216 Курчатов	Kurchatov	Е32
179	Банахевич	Banachiewicz	И27	218 Менделеев	Mendeleev	И33
180	Ансгар	Ansgarius	Л26	219 Павлов	Pavlov	М33
181	Гумбольдт	Humboldt	М27	220 Леви-Чивита	Levi-Civita	М33
182	Лно	Lyot	П27	221 Винер	Wiener	Д33
183	Непер	Neper	И27	222 Жюль Верн	Jules Verne	Н33
184	Барнард	Barnard	Н27	223 Гагарин	Gagarin	М33
185	Абель	Abel	Н27	224 Чаплыгин	Chaplygin	К33
186	Жолио	Joliot	Ж28	225 Кэмпбелл	Campbell	Д34
187	Вестин	Vestine	Е28	226 Маркони	Marconi	Л34
188	Склодовская	Sklodowska	Л28	227 Эпплтон	Appleton	Е34
189	Дженнер	Jenner	О28	228 Слайфер	Slipher	Г34
190	Ламб	Lamb	О29	229 Килер	Keeler	Л34
191	Фабри	Fabry	Д29	230 Пуанкаре	Poincare	П34
192	Джордано Бруно	Giordano Bruno	Е29	231 Д'Аламбер	D'Alembert	Г35
193	Пастер	Pasteur	Л29	232 Папалекси	Papaleksi	И35
194	Комптон	Compton	Г29	233 Спенсер Джонс	Spenser Jones	И35
195	Лебедев	Lebedev	О29	234 Хивисайд	Heaviside	Л35
196	Гильберт	Hilbert	Л29	235 Чандлер	Chandler	Д35
197	Флеминг	Fleming	330	236 Фрейндлих	Freundlich	Ж35
198	Скалигер	Scaliger	М29	237 Андерсон	Andersort	335
199	Милн	Milne	Н30	238 Шайн	Shajn	Е36
200	Мейтнер	Meitner	Л30	239 Эйткен	Aitken	Л36
201	Сейферт	Seyfert	Е30	240 Лейбниц	Leibnitz	Н36
202	Кондратюк	Kondratyuk	Л30	241 Левенгук	Leeuwenhoek	Н36
203	Олькотт	Olkott	330	242 Дедал	Daedalus	К36



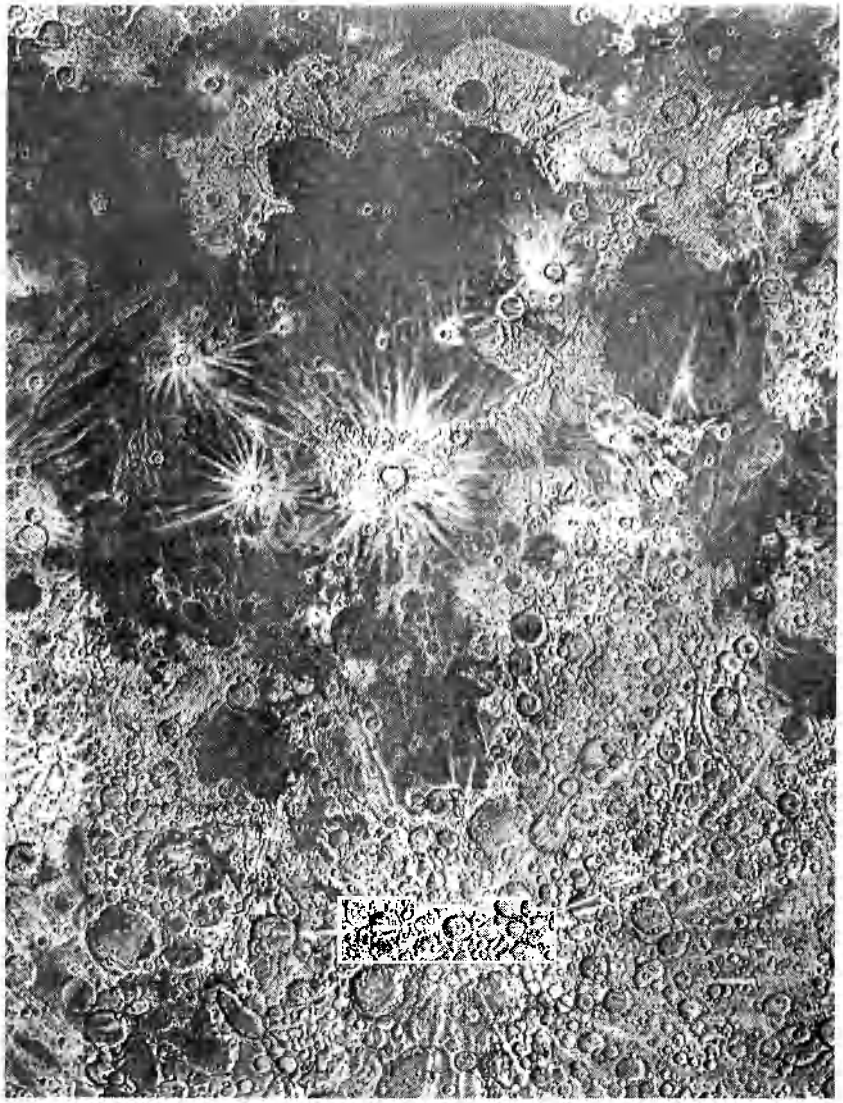
Условные обозначения к вспомогательному чертежу полной карты Луны



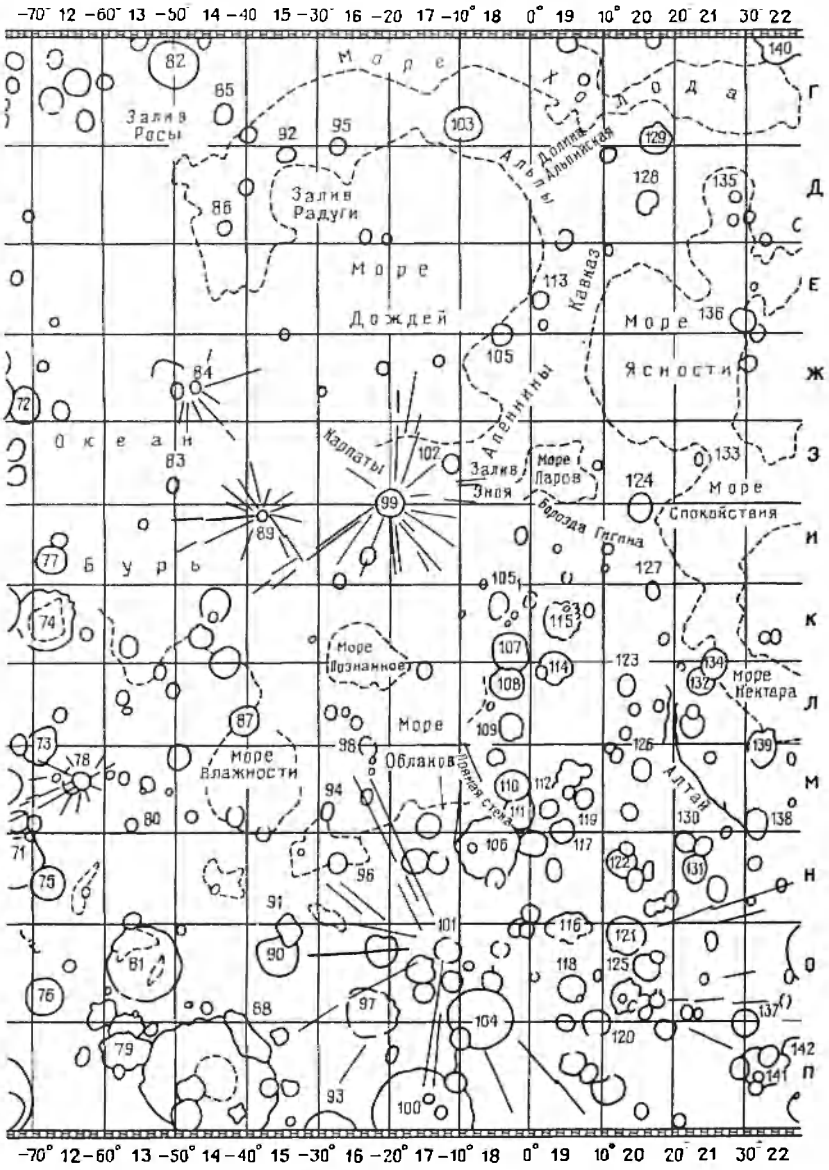
Полная карта Луны, 1



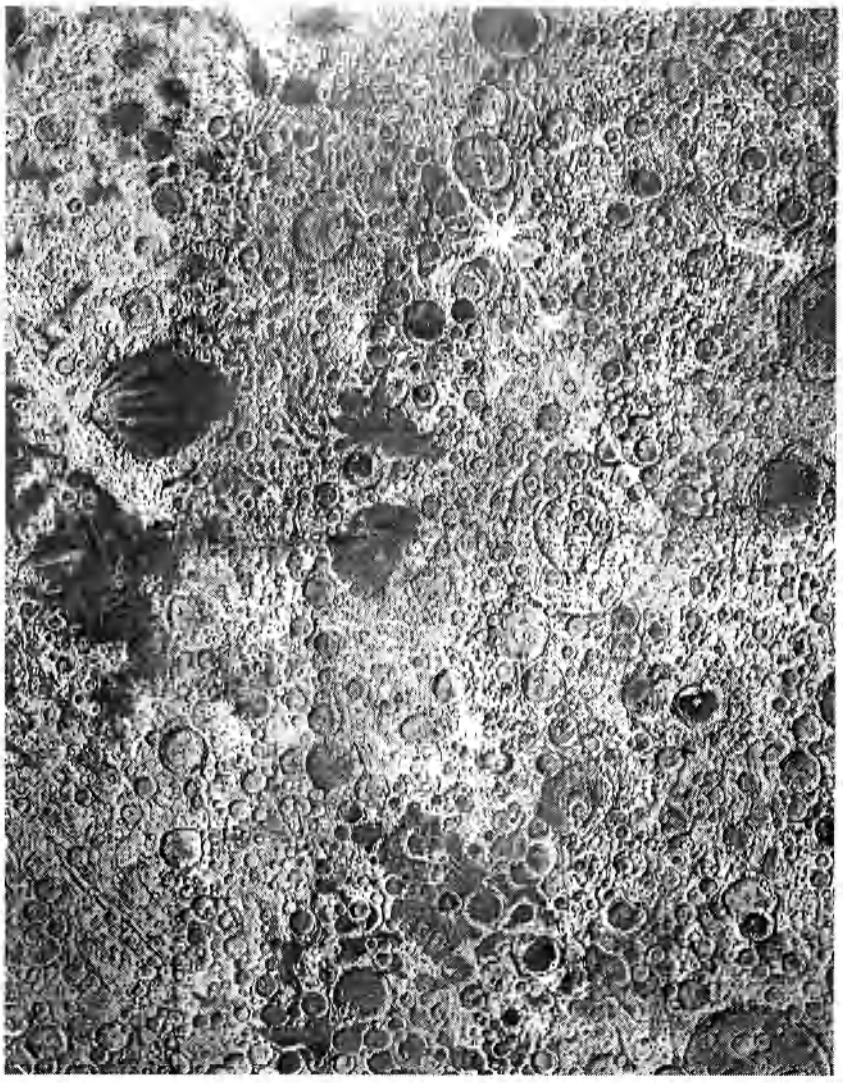
Вспомогательный чертеж к полной карте Луны, 1



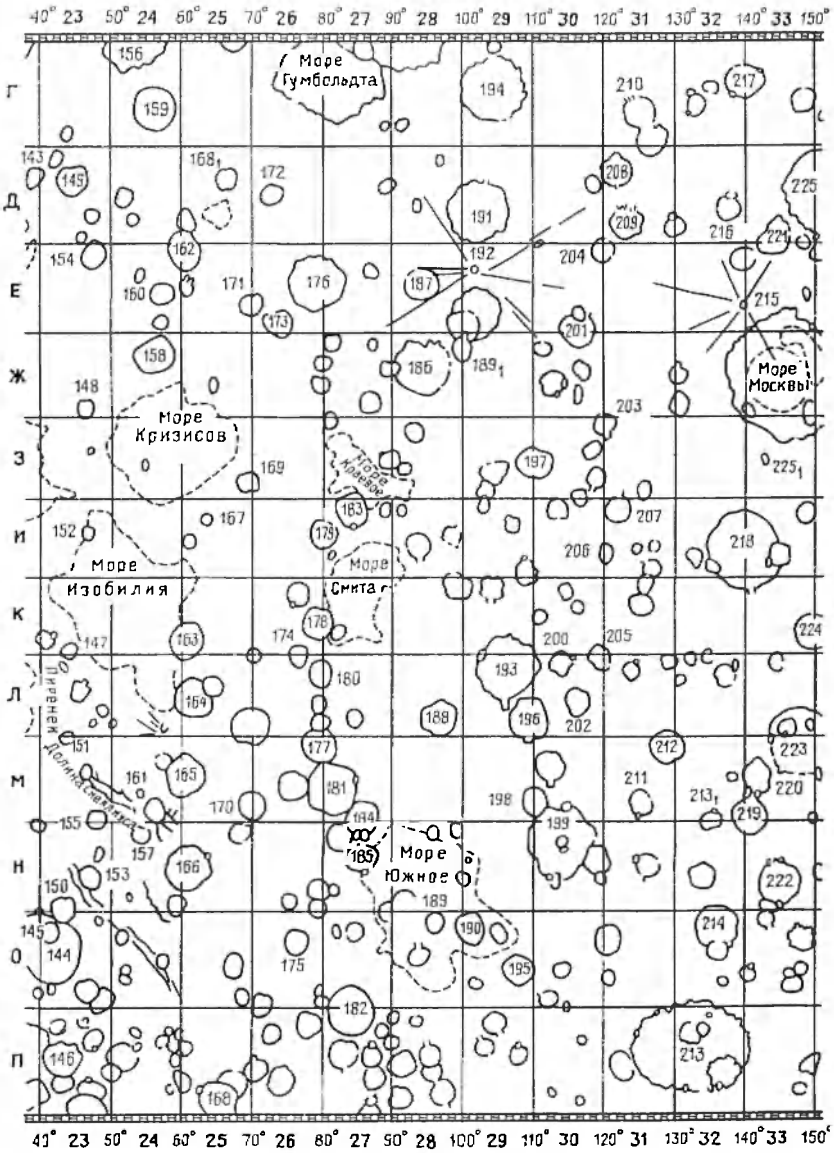
Полная карта Луны, 2



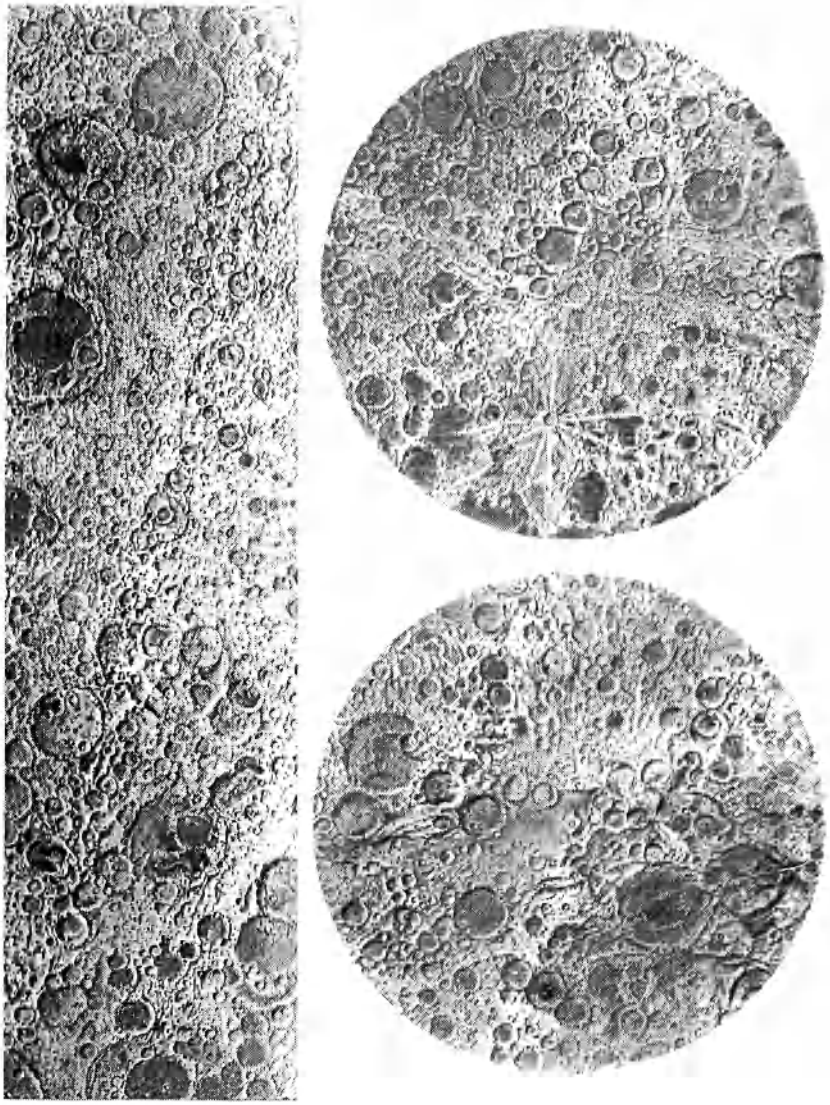
Вспомогательный чертеж к полной карте Луны, 2



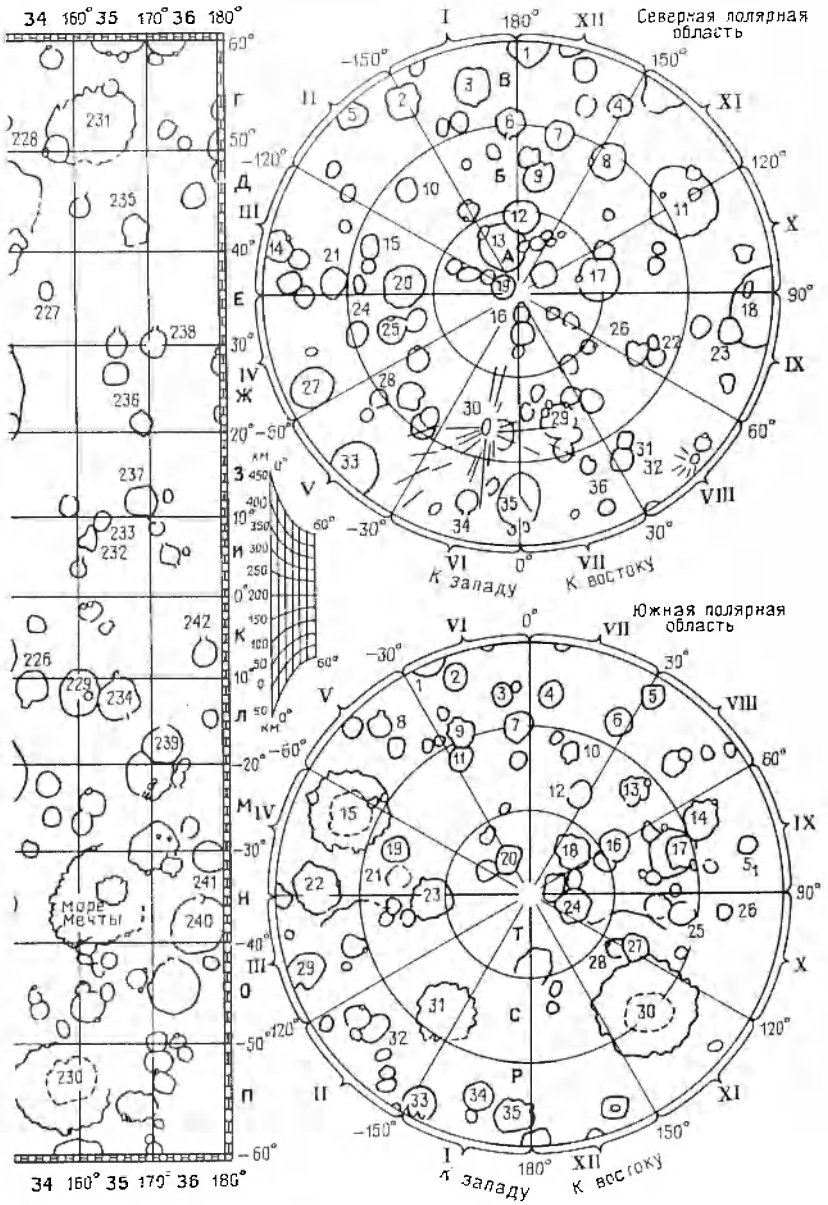
Полная карта Луны, 3



Вспомогательный чертеж к полной карте Луны, 3



Полная карта Луны, 4



Вспомогательный чертеж к полной карте Луны, 4

Приложение 2

Карта поверхности Марса

(по «Атласу планет земной группы и их спутников»)

СЕВЕРНОЕ ПЛАТО
ВЕЛИКАЯ СЕВЕРНАЯ РАВНИНА
ВАСТИТАС БОРЕАЛИС
ЛОУЭЛЛ
ШМИДТ
ЛАЙЕЛЛ
ДАУТ
МИТЧЕЛ
СЕКОНИ
ХОЛМС
ФЛЕГРА
ЭЛЛАДА
ПЛАТО СИНАЙ
ПЛАТО СОЛНЦА
ХОЛДЕН
ФОГЕЛЬ
НЬЮКОМ
БАНКРОЗЕН
ФЛАММАРИОН
ДЕНИНГ
ЛЕВЕРЬЕ
ЛОЗЕ
НАРВЕР
ПРОКТОР
РЕССЕЛ
ДАРВИН
ГРИН
ГАЛЛЕ
ВИРЦ
МАРАЛЬДИ
ФИЛЛИПС
ПАТЕРА ПЕЙНЕР
ПАТЕРА АМФИТРИТЫ
ШИАПАРЕЛЛИ
ШИПАРЕЛЛИ
ЮРГЕНС
ШЕЛЕРЕ
СТЕРЕН
ГЕРШЕЛЬ
ЖАНСЕН
СИРТ
ТИХОНРАВОВ
АНТОНИАДИ
БОЛЬШОЙ
ПЛАТО
РАВНИНА
НОАЧИ
ГАЛАКТИКА
ПЛАТО ФАРСИДА
ПАТЕРА УРАНА
ПАТЕРА ЮПИТЕРА
ЭЛИСИЙ
ЭЛИСИЙСКАЯ РАВНИНА
ЭЛИСИЙСКИЙ КУПОЛ
ЭЛИСИЙСКИЙ ПЛАТО
ЭЛИСИЙСКИЙ ПЛАТО
ЭЛИСИЙСКИЙ ПЛАТО

СЕВЕРНОЕ ПЛАТО
СЕВЕРНАЯ РАВНИНА
РАВНИНА АРКАДИЯ
РАВНИНА ИСИДЫ
АМАЗОНИЯ
ПЛАТО ДЕДАЛИЯ
ПЛАТО СИНАЯ
ПЛАТО СОЛНЦА
ГЕРШЕЛЬ
ТИРРЕНСКАЯ ПАТЕРА
ГЕСПЕРИЯ
АДРИАТИЧЕСКАЯ ПАТЕРА
МОУРСУОРТ
НЬЮТОН
НЕПЛЕР
КОПЕРНИК
ПТОЛЕМЕЙ
ЛОУЭЛЛ
ШМИДТ
МИТЧЕЛ
РЭЛЕЙ
СТОНЕЙ
ГОРА ЭЛЛАЙ
ГОРА ОЛИМП
ГОРА ПАВЛИНА
ПАТЕРА БИЛЬЯНДЫ
ПАТЕРА УРАНА
КУПОЛ КАЛЬТЕРА
АПОЛЛОНОВА ПАТЕРА
ГУССЕВ
ИЛЬЯМС
ПОРТЕР
ЛАВОЙЗЬЕ
ЛАПЛАС
ЛИНЕЙ
ЛИНЕЙ ТЕМПЕР
ЛИНЕЙ ЭЛЛАЙ
ЛИНЕЙ ЭРИДАН
ЛИНЕЙ ЮТОПИЯ
ЛИНЕЙ ЛАПЛАС
ЛИНЕЙ ЛАВОЙЗЬЕ
ЛИНЕЙ ПЛИНИЙ
ЛИНЕЙ ПТОЛЕМЕЙ
ЛИНЕЙ ЛОУЭЛЛ
ЛИНЕЙ ПОРТЕР
ЛИНЕЙ ЛИНЕЙ
ЛИНЕЙ ЛИНЕЙ
ЛИНЕЙ ЛИНЕЙ

Крупные образования рельефа на Марсе

Название	Форма рельефа	Широта, град.	Долгота, град.	Пояснение к названию
Авроры	плато	−9/−13	44/52	По имени богини утренней зари
Амазония	равнина	+5/+35	150/170	Страна амазонок
Аментес	борозды	+7/+13	253/258	Египетское название подземного царства
Альба	патера	−40	110	Белая полоса (греч.)
Аонид	земля	−30/−65	60/120	В честь муз, соперничавших с сиренами
Аравия	земля	−5/+40	300/350	Название заимствовано из древней географии
Аргир	равнина	−45/−57	32/55	Легендарная страна серебра
Аркадия	равнина	+35/+55	130/180	Гористая часть Пелопоннеса, в древности прославленная как счастливая страна
Аскрийская	гора	+12	104	Город Аскра — родина Гесиода
Ацидалийская	равнина	+35/−55	0/40	Ацидалийский источник — место купания Афродиты и граций
Ахерон	цепочка	−35/+42	97/103	Река подземного царства
Большой Сирт	плато	0/+20	280/300	Обширный залив в Средиземном море у берегов Ливии
Геллеспонтские	горы	−40/−50	311/318	По греческому названию пролива Дарданеллы
Гесперия	плато	−10/−35	240/260	Страна в античном мире, лежащая на западе
Гидаспы	хаос	+1/+4	25/30	Древние названия современных рек в Пакистане
Гидраот	хаос	0/+3	32/37	
Дейтеронил	столовые горы	+42/+47	328/346	Означает — «другой Нил»
Жемчужная	земля	−5/−25	10/40	Темная область, похожая на п-ов Индостан, где добывают жемчуг
Икария	плато	−40/−50	100/110	Икар — сын Дедала, сделавшего себе и сыну крылья из перьев и воска
Кандор	каньон	−4/−9	64/78	Белизна, сияние (греч.)
Керавнский	купол	+24	−97	Удар грома (греч.)
Кидония	столовые горы	+33/+43	8/18	Город на о. Крит
Киммерийская	земля	−20/−50	185/215	Древние греки называли киммерийцами народ, обитавший далеко на севере
Кларитас	борозды	−12/−32	100/108	Ясность, блеск (греч.)
Копрат	каньон	−11/−15	52/68	Старинное навзание реки Дец
Ксанфа	земля	−13/+20	15/65	Золотисто-желтый (греч.)
Ливия	горы	0/+5	260/280	Древнее название Африки
Лунное	плато	0/+20	58/75	Название связанно с мифическими лунными горами
Мемнония	борозды	−15/−22	140/158	В честь легендарного царя Эфиопии
Меридиана	земля	−10/−10	350/10	Имеет вид темного образования возле нулевого меридиана
Непентес	столовые горы	−8/+15	230/255	Египетское лекарство, смягчавшее горе
Нереид	горы	−38/−48	29/57	Дочери морского бога Нерея
Нилокер	ступень	+32/+40	50/62	Рукав Нила, буквально — Нильский рог
Нилосирт	столовые горы	−28/+37	278/300	Буквально — Нильская отмель

Название	Форма рельефа	Широта, град.	Долгота, град.	Пояснение к названию
Ноя	земля	−15/−83	320/15	По имени Ноя — легендарного библейского персонажа, спасшегося вместе с животными и растениями от всемирного потопа
Олимп	гора	−18	133	Гора в Греции, обитель богов
Огига	уступ	−33/−35	53/55	Огиг — мифический основатель греческого города Фивы
Офир	плато	−5/−13	55/64	Мифическая библейская страна, богатая золотом и камнями
Павлина	гора	−1	113	По названию созвездия
Прометея	земля	−30/−65	240/280	По имени титана, который даровал людям огонь вопреки воле Зевса
Прогонид	столовые горы	−38/+49	300/322	Восточная ветвь Нила, буквально — первичный
Сабейская	земля	−5/−25	320/350	Саба — древнее название Красного моря
Синай	плато	−8/−20	70/97	Египетский полуостров на границе с Палестиной
Сирен	земля	−30/−75	120/180	Сирены — мифические существа, заманивающие своим чудесным пением моряков в опасные места
Сирия	плато	−8/−20	97/110	Название «счастливого» острова, упоминаемое в Одиссее
Тавмасия	борозды	−38/−56	80/100	По имени бога облаков и небесных явлений
Темпе	земля	−24/+54	51/93	Так в греч. языке называли всякую живописную долину
Титона	каньон	−4/−6	80/90	Титон — муж богини Эос
Утопия	равнина	+35/+55	210/280	Сказочный остров в произведении Т. Мора
Фарсида	горы	−12/+16	101/125	Фарсида — одна из провинций Ирана
флегра	горы	+31/+51	194/200	«Огненная равнина», на которой Зевс поразил молнией восставших гигантов
Харит	горы	−50/−59	27/60	В честь греческих богинь красоты
Хриса	равнина	+15/−30	35/52	Хрис — мифический остров золота
Цербера	уступы	+6/+11	186/206	По имени мифического трехглавого пса, встречавшего души умерших у входа в подземное царство
Эвменид	гряда	0/−10	150/158	В честь греч. богинь мщения
Эллада	равнина	−30/−55	275/320	Древнее название Греции
Элизии	равнина	−5/−30	195/250	Страна блаженства
Эос	каньон	−10/−17	36/52	Богиня утренней зари
Эридания	ступень	−47/−60	208/235	Древнее название реки По
Ювенты	каньон	+1/−6	60/63	По названию мифического источника вечной молодости

Кратеры диаметром более 100 км на Марсе

Название	Широта, град.	Долгота, град.	Диаметр, км	Пояснение к названию
Агассис	−70	89	110	Американский натуралист
Адаме	+31	197	100	Американский астроном
Анри	+11	337	170	Французский астроном
Антониади	+22	299	380	Греко-франц. астроном

Название	Широта, град.	Долгота, град.	Диаметр, км	Пояснение к названию
Араго	+10	330	150	Французский астроном
Аррениус	−40	237	120	Шведский физико-химик
Архангельский	−41	24	170	Русский геолог
Аудеманс	−10	92	120	Датский астроном
Бакхойзен	−23	344	140	Нидерландский астроном
Бальде	+23	294	190	Французский астроном
Барабашов	−47	69	130	Советский астроном
Барнард	−61	298	122	Американский астроном
Беддикер	−15	197	110	Немецкий астроном
Беккерель	+22	8	175	Французский физик
Бернард	−23	154	130	Французский метеоролог
Бёрроуз	−72	242	110	Американский писатель
Бёртон	−14	156	120	Английский астроном
Бонд	−33	36	120	Американский астроном
Брашир	−54	120	115	Американский физик
Бугер	−19	333	100	Французский физик-гидрограф
Бэрд	−66	232	120	Американский полярн. исследователь
Вери	−50	177	140	Американский астроном
Вин	−11	220	120	Немецкий физик
Виноградов	−20	38	225	Советский геохимик
Вирц	−49	26	130	Немецкий астроном
Вислиценус	−18	348	150	Немецкий астроном
Галилей	+6	27	133	Итальянский астроном
Галле	−51	31	210	Немецкий астроном
Гейл	−6	222	160	Английский астроном
Гексли	−63	259	100	Английский биолог
Гельмгольц	−46	21	110	Немецкий физик
Гершель	−14	230	320	Английский астроном
Гилберт	−68	274	117	Американский геолог
Графф	−21	206	160	Немецкий астроном
Грин	−52	8	160	Английский астроном
Гук	−45	44	140	Английский физик и астроном
Гусев	−14	184	170	Русский астроном
Гюйгенс	−14	304	495	Нидерландский физик
Да Винчи	+2	39	100	Итальянский художник
Дарвин	−57	19	173	Английский натуралист
Дауэс	−9	322	190	Английский астроном
Дежнев	−26	164	142	Русский мореплаватель
Деннинг	−18	326	150	Английский астроном
Дю Мартере	+6	266	100	Швейцарский астроном
Дю Тойт	−72	46	200	Южно-африканский геолог
Жансен	+3	322	160	Французский астроном
Жарри-Делож	−9	276	100	Французский астроном
Кайзер	−47	341	205	Нидерландский астроном
Кассини	−24	328	440	Итальянский астроном
Кениссе	+34	319	130	Французский астроном
Кеплер	−47	219	238	Немецкий астроном
Ковальский	−30	142	315	Русский астроном
Колумб	−29	166	110	Испанский мореплаватель
Комас Сола	−20	158	136	Испанский астроном
Коперник	−49	169	280	Польский астроном

Название	Широта, град.	Долгота, град.	Диаметр, км	Пояснение к названию
Криштофович	−48	262	110	Советский палеоботаник
Кроммелин	+5	10	107	Английский астроном
Кэмпбелл	−54	195	133	Канадский физик
Кюри	+29	5	115	Французский физико-химик
Лайелл	−70	15	120	Английский геолог
Лассвиц	−9	222	110	Немецкий писатель
Лау	−74	107	110	Датский астроном
Леверье	−38	343	120	Французский астроном
Лио	+50	331	220	Французский астроном
Ли Фан	−47	153	100	Китайский астроном
Лиз	−75	253	122	Французский астроном
Лозе	−43	16	160	Немецкий астроном
Ломоносов	+65	8	135	Русский ученый энциклопедист
Лоуэлл	−52	81	200	Американский астроном
Лузин	+27	328	115	Русский математик
Лю Синь	−53	172	122	Китайский астроном
Магеллан	−32	174	110	Португальский мореплаватель
Маджини	+28	350	140	Итальянский астроном
Маральди	−62	32	115	Французский астроном
Маринер	−35	164	160	Символич. название
Март	+13	3	100	Английский астроном
Матч	+1	55	196	Американский геолог
Меддер	−11	357	100	Немецкий астроном
Мейн	−77	310	115	Английский астроном
Ми	+48	220	100	Немецкий физик
Мийошо	−21	275	118	Французский астроном
Миланкович	+55	147	120	Югославский геофизик
Митчел	−68	284	179	Американский астроном
Море	+42	316	135	Французский астроном
Моулсуорт	−28	211	175	Английский астроном
Мюллер	−26	232	120	Немецкий астроном
Николсон	0	164	100	Американский астроном
Нистен	−28	302	110	Бельгийский астроном
Нобель	−7	227	125	Английский астроном
Ньюком	−24	358	250	Американский астроном
Ньютон	−41	158	280	Английский физик
Пастер	+19	335	125	Французский химик
Перидье	+26	276	100	Французский астроном
Пикеринг	−34	134	110	Американский астроном
Портер	−51	114	105	Американский астроном
Проктор	−48	330	160	Английский астроном
Птолемей	−46	158	160	Греко-египетский астроном
Рабе	−44	325	105	Немецкий астроном
Радо	+17	5	120	Французский астроном
Райт	−59	151	115	Американский астроном
Резерфорд	+19	11	100	Английский физик
Рессел	−55	348	140	Американский астроном
Рэлей	−76	240	182	Английский физик
Саут	−77	339	105	Английский астроном
Секки	−58	258	198	Итальянский астроном
Скиапарелли	−3	343	500	Итальянский астроном

Название	Широта, град.	Долгота, град.	Диаметр, км	Пояснение к названию
Склодовская	+34	3	120	Польско-французский химик и физик
Стено	−68	115	105	Датский геолог
Стоней	−70	138	129	Ирландский физик
Теисеран де Бор	+1	315	107	Французский метеоролог
Терби	−28	286	170	Бельгийский астроном
Тихов	−51	254	115	Советский астроном
Тихонравов	+14	324	352	Советский ученый-ракетчик
Трувело	+16	13	150	Франко-американский астроном
Уильямс	−19	164	120	Английский астроном
Уоллес	−53	249	150	Английский биолог
Филлипс	−67	45	175	Английский геолог
Фламмарион	+26	312	179	Французский астроном
Фложерг	−17	341	230	Французский астроном
Фурнье	−4	287	118	Французский астроном
Хасси	−54	127	100	Американский астроном
Хейл	−36	36	150	Американский астроном
Холден	−26	34	175	Американский астроном
Холмс	−75	292	116	Английский геолог
Хэдли	−19	203	110	Английский метеоролог
Чемберлин	−66	124	120	Американский геолог
Черулли	+32	338	125	Итальянский астроном
Шарлье	−69	168	110	Шведский астроном
Шаронов	+27	59	115	Советский астроном
Шеберле	−24	310	160	Американский астроном
Шёнер	+20	309	200	Немецкий географ
Шмидт	−72	79	196	Немецкий астроном
Шрётер	−2	304	310	Немецкий астроном
Эдди	+12	218	100	Южно-африканский астроном

Приложение 3

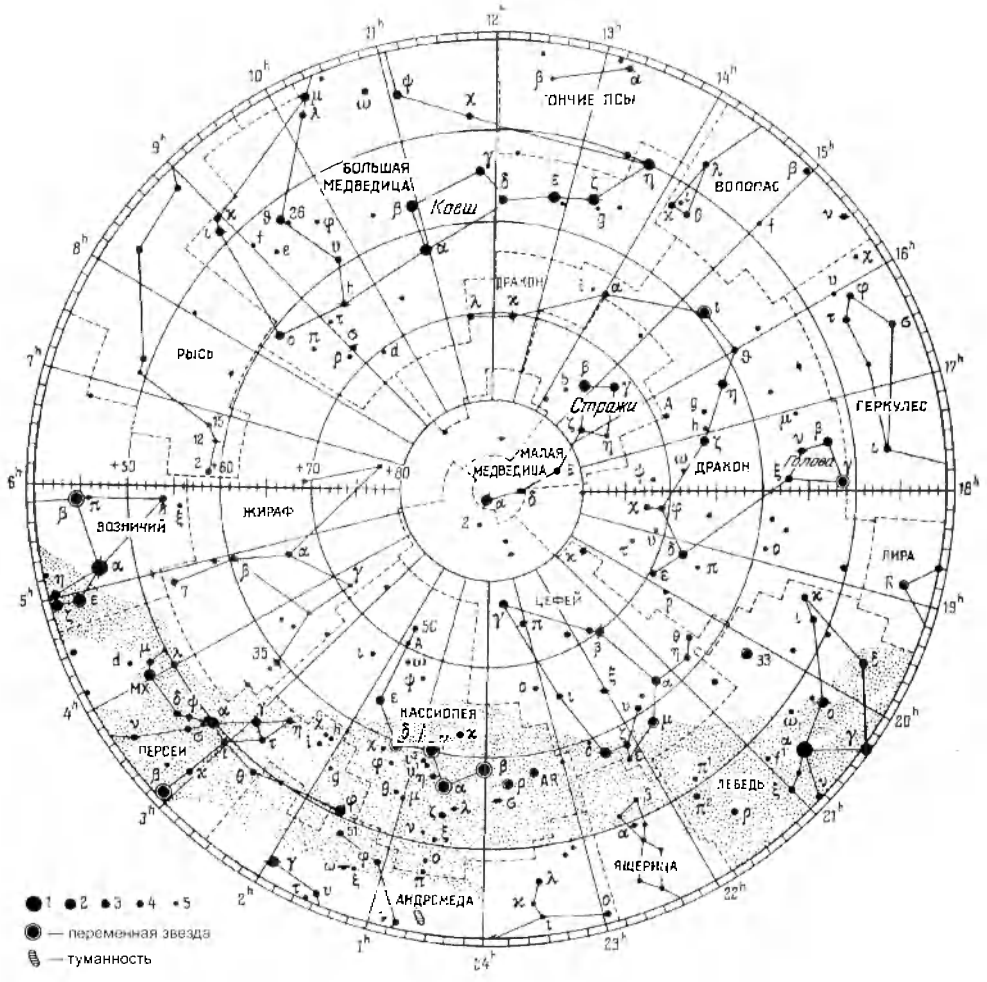
Звездный атлас

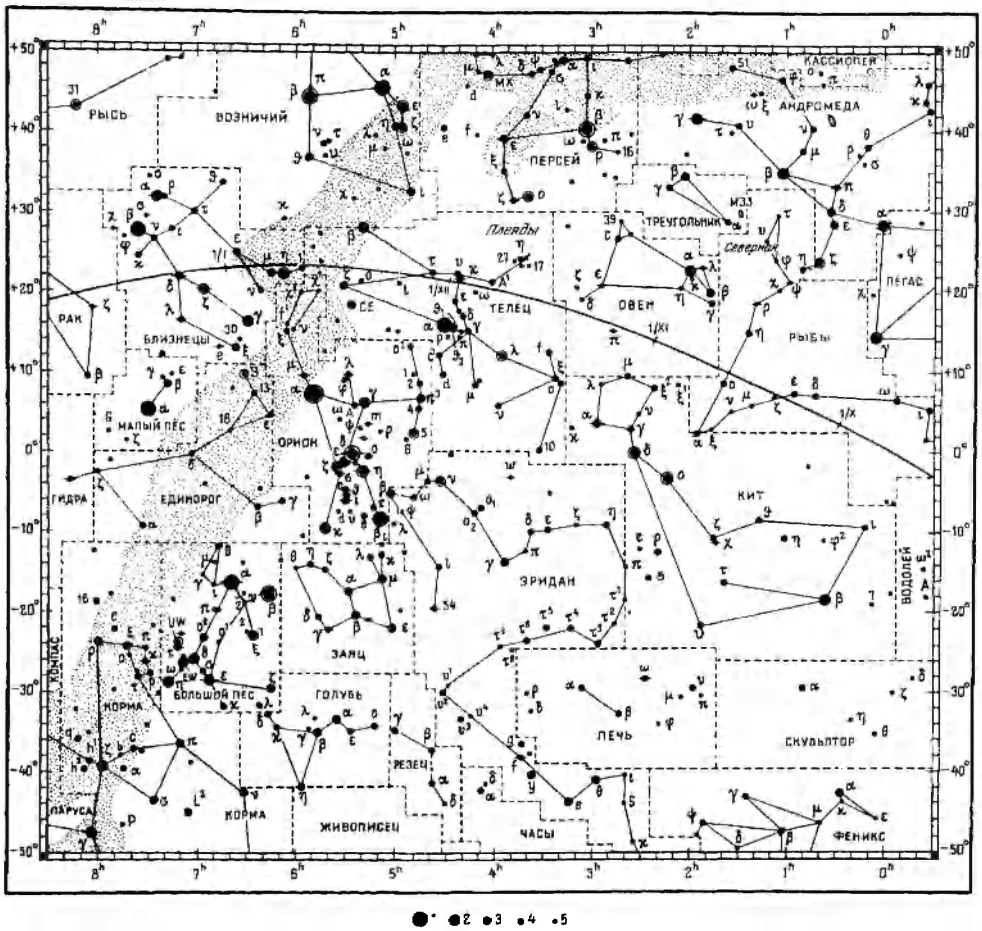
(пять звездных карт всего неба с указанием звезд до 5^m)

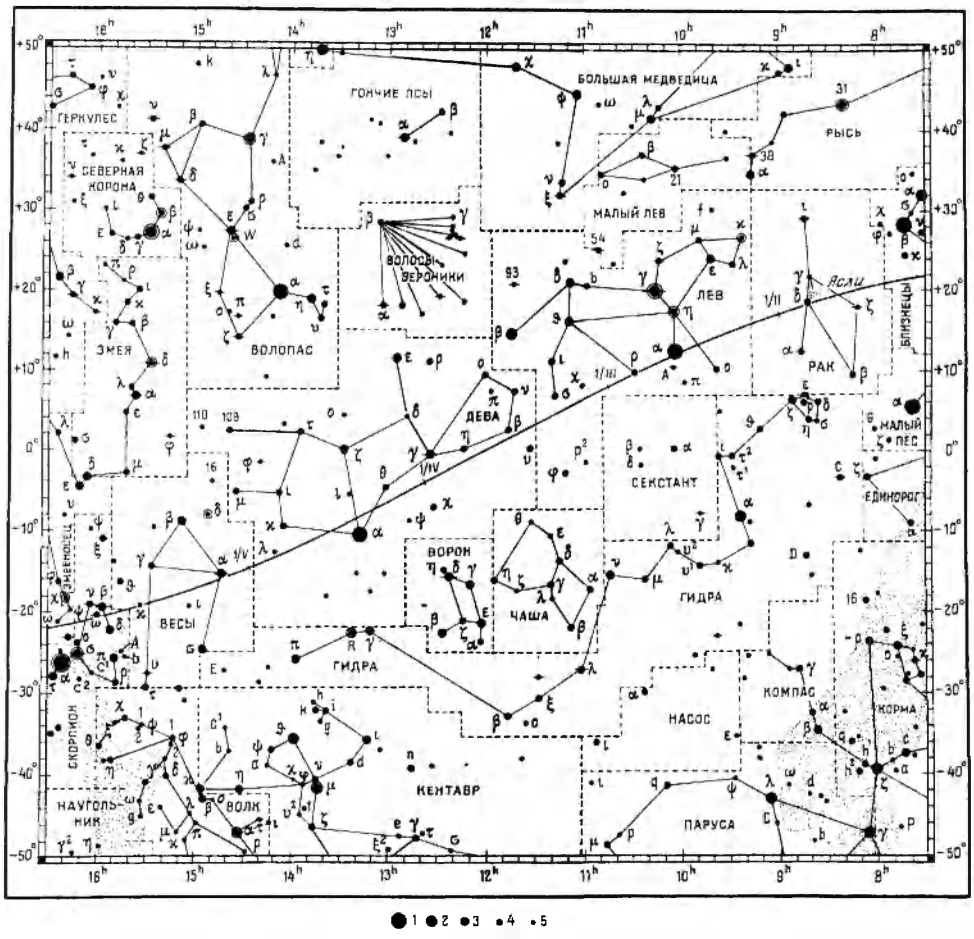
Эпоха звездных карт — 1900 г. На всех картах нанесены новые границы созвездий, утвержденные Международным Астрономическим Союзом. Они проходят вдоль небесных меридианов и параллелей эпохи 1875 г. На трех картах нанесена эклиптика, на которой отмечены даты, когда проходящие через них небесные меридианы кульминируют в среднюю полночь.

Как обычно, переменные звезды окружены колечками, двойные звезды перечеркнуты. Курсивом отмечены некоторые из так называемых астеризмов — групп звезд, входящих в созвездие, но имеющих свое отличительное название. Например, Ковш в созвездии Большой Медведицы, Плеяды — звездное скопление в созвездии Тельца и т. д. Схематически нанесены контуры наиболее ярких частей Млечного Пути, некоторые звездные скопления и туманности.

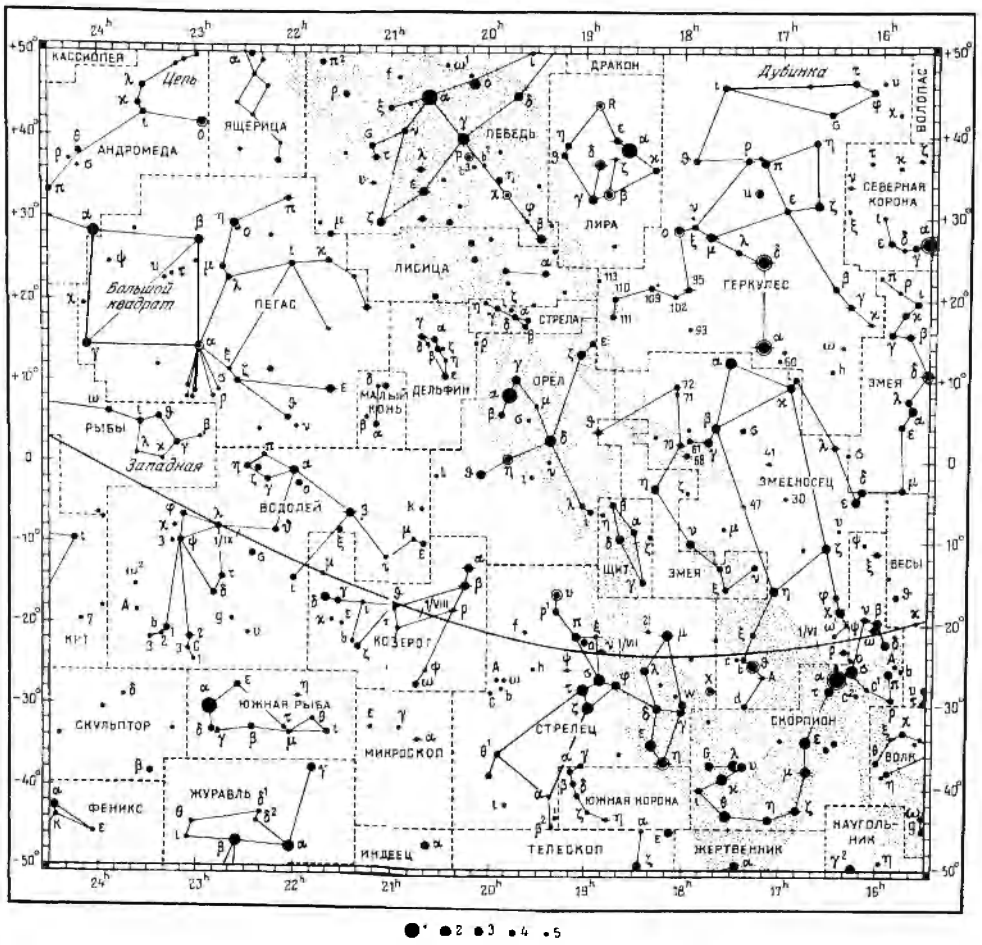
Линии, соединяющие основные звезды созвездий и облегчающие их распознавание, проведены почти везде согласно Г. Рею, перевод книги которого «Звезды (новые очертания старых созвездий)» выполнен в 1969 г. изд-вом «Мир». Новые очертания действительно помогают узнавать созвездия по их названиям.

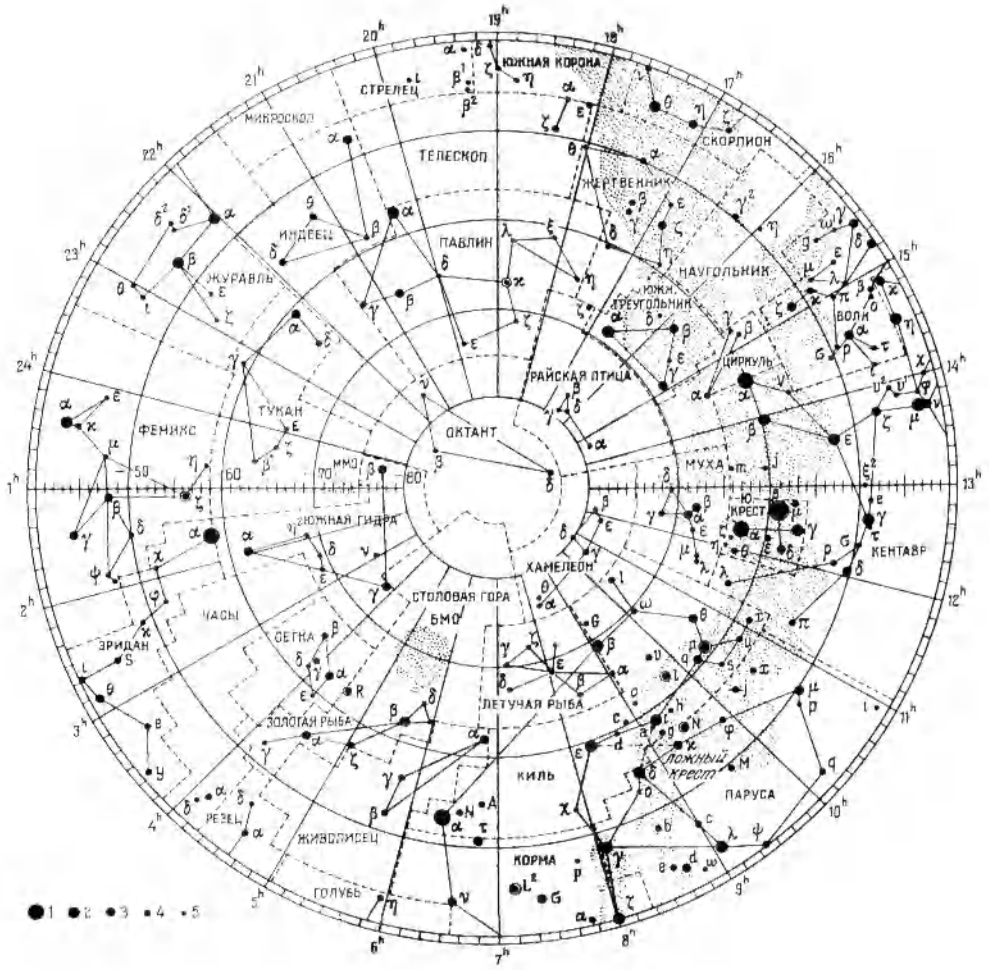

БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА
Ковш
ГОНЧИЕ ПСЫ
ВОЛОПАС
ДРАКОН
Рысь
Стражи
ГЕРКУЛЕС
Голова
МАЛАЯ МЕДВЕДИЦА
ДРАКОН
ВОЗНИЧИЙ
ЖИРАФ
ЛИРА
ЦЕФЕЙ
МХ
ПЕРСЕЙ
КАССИОПЕЯ
ЛЕБЕДЬ
ЯЩЕРИЦА
АНДРОМЕДА
1 2 3 4 5
— переменная звезда
— туманность


КАССИОПЕЯ
РЫСЬ
ВОЗНИЧИЙ
АНДРОМЕДА
ПЕРСЕЙ
ТРЕУГОЛЬНИК
Плеяды
Северная
ПЕГАС
ОВЕН
ТЕЛЕЦ
РЫБЫ
РАК
БЛИЗНЕЦЫ
МАЛЫЙ ПЁС
ОРИОН
ГИДРА
ЕДИНОРОГ
КИТ
ЭРИДАН
ВОДОЛЕЙ
ЗАЯЦ
ГОЛУБЬ
БОЛЬШОЙ ПЁС
КОРМА
ПЕЧЬ
СКУЛЬПТОР
РЕЗЕЦ
ЖИВОПИСЕЦ
ЧАСЫ
ФЕНИКС
ПАРУСА
КОРМА
1 2 3 4 5


ГЕРКУЛЕС
ГОНЧИЕ ПСЫ
БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА
РЫСЬ
СЕВЕРНАЯ КОРОНА
МАЛЫЙ ЛЕВ
ВОЛОСЫ ВЕРОНИКИ
ЛЕВ
ЗМЕЯ
ВОЛОПАС
ДЕВА
РАК
БЛИЗНЕЦЫ
МАЛЫЙ ПЕС
СЕКСТАНТ
ЕДИНОРОГ
ВОРОН
ЧАША
ГИДРА
ВЕСЫ
КОМПАС
КОРМА
НАСОС
СКОРПИОН
ЦЕНТАВР
НАУГОЛЬНИК
ВОЛК
ПАРУСА

● 1 ● 2 ● 3 • 4 • 5

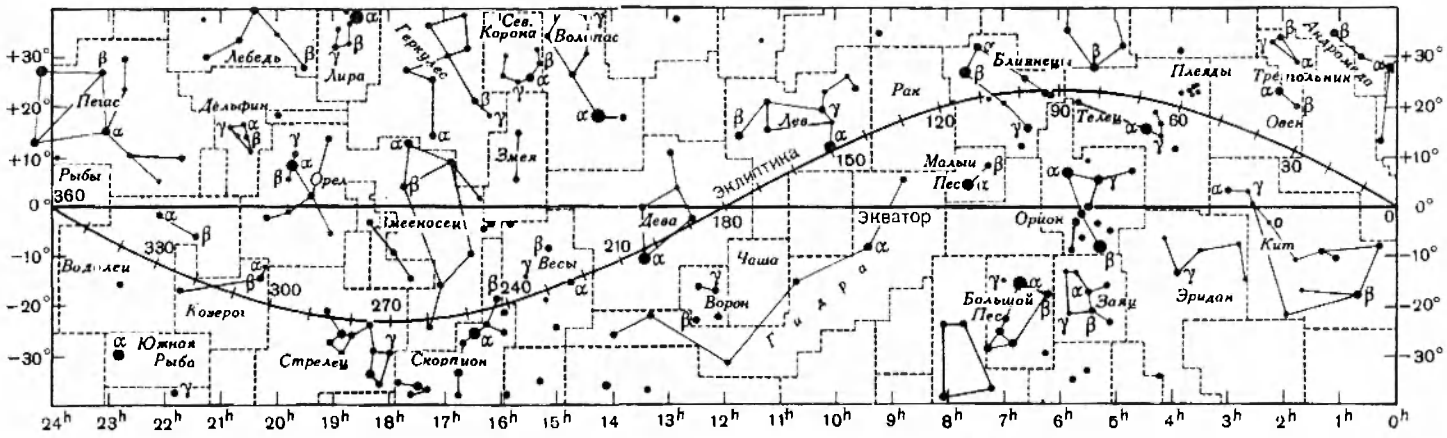

КАССИОПЕЯ
Цепь
ЯЩЕРИЦА
АНДРОМЕДА
ДРАКОН
Дубинка
ВОЛОПАС
ЛЕБЕДЬ
СЕВЕРНАЯ КОРОНА
ЛИРА
ЛИСИЦА
ГЕРКУЛЕС
Большой квадрат
ПЕГАС
СТРЕЛА
ОРЕЛ
МАЛЫЙ КОНЬ
ДЕЛЬФИН
ЗМЕЯ
РЫБЫ
Западная
ЗМЕЕНОСЕЦ
ВОДОЛЕЙ
ЩИТ
ЗМЕЯ
ВЕСЫ
КИТ
КОЗЕРОГ
ЮЖНАЯ РЫБА
СКУЛЬПТОР
СТРЕЛЕЦ
СКОРПИОН
МИКРОСКОП
ВОЛК
ЖУРАВЛЬ
ЮЖНАЯ КОРОНА
ФЕНИКС
НАУГОЛЬНИК
ИНДЕЕЦ
ТЕЛЕСКОП
ЖЕРТВЕННИК
1 2 3 4 5


ЮЖНАЯ КОРОНА
СТРЕЛЕЦ
МИКРОСКОП
ТЕЛЕСКОП
ИНДЕЕЦ
ПАВЛИН
ЖУРАВЛЬ
СКОРПИОН
ЖЕРТВЕННИК
ЮЖН. ТРЕУГОЛЬНИК
ЦИРКУЛЬ
ВОЛК
ТУКАН
ФЕНИКС
ОКТАНТ
МУХА
ЮЖНАЯ ГИДРА
ЮЖ. КРЕСТ
КЕНТАВР
ХАМЕЛЕОН
СТОЛОВАЯ ГОРА
ЧАСЫ
ЭРИДАН
СЕТКА
ЗОЛОТАЯ РЫБА
ЛЕТУЧАЯ РЫБА
КИЛЬ
ЛОЖНЫЙ КРЕСТ
ПАРУСА
РЕЗЕЦ
ЖИВОПИСЕЦ
КОРМА
ГОЛУБЬ
1 2 3 4 5

Приложение 4

Карта экваториальных созвездий

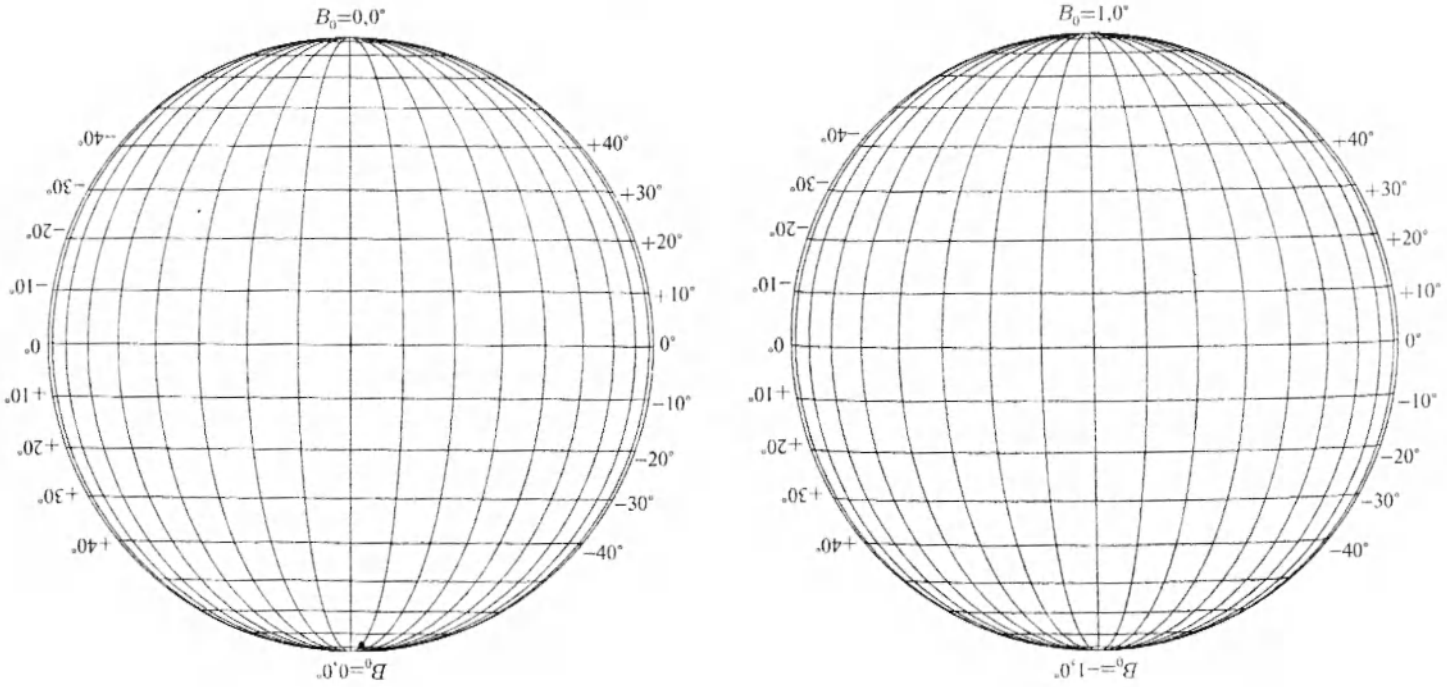
Средняя горизонтальная линия этой карты представляет собой небесный экватор. Синусоида, пересекающая экватор, — эклиптика. Вдоль эклиптики располагаются зодиакальные созвездия От точки весеннего равноденствия в созвездии Рыб вдоль экватора справа налево идет счет прямых восхождений (шкала внизу), а вдоль эклиптики — астрономические долготы (обозначены через 10°). Все планеты и Луна перемещаются среди звезд вблизи эклиптики. Положение Солнца на эклиптике для данного дня можно взять из табл. 35.

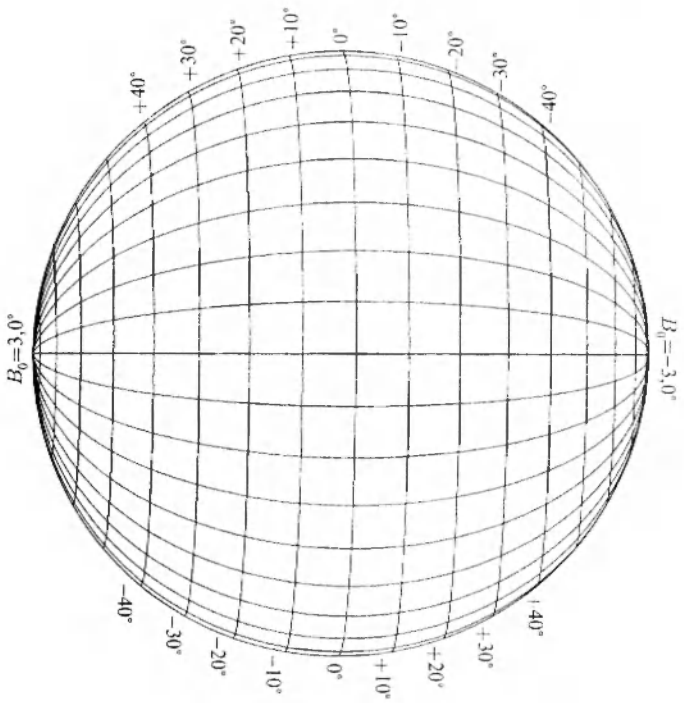


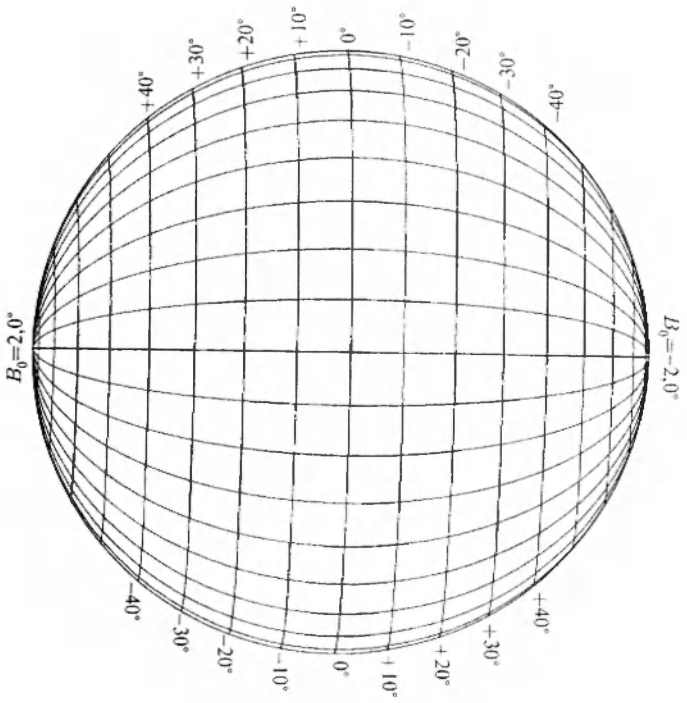
К Приложению 4. Карта экваториальных созвездий

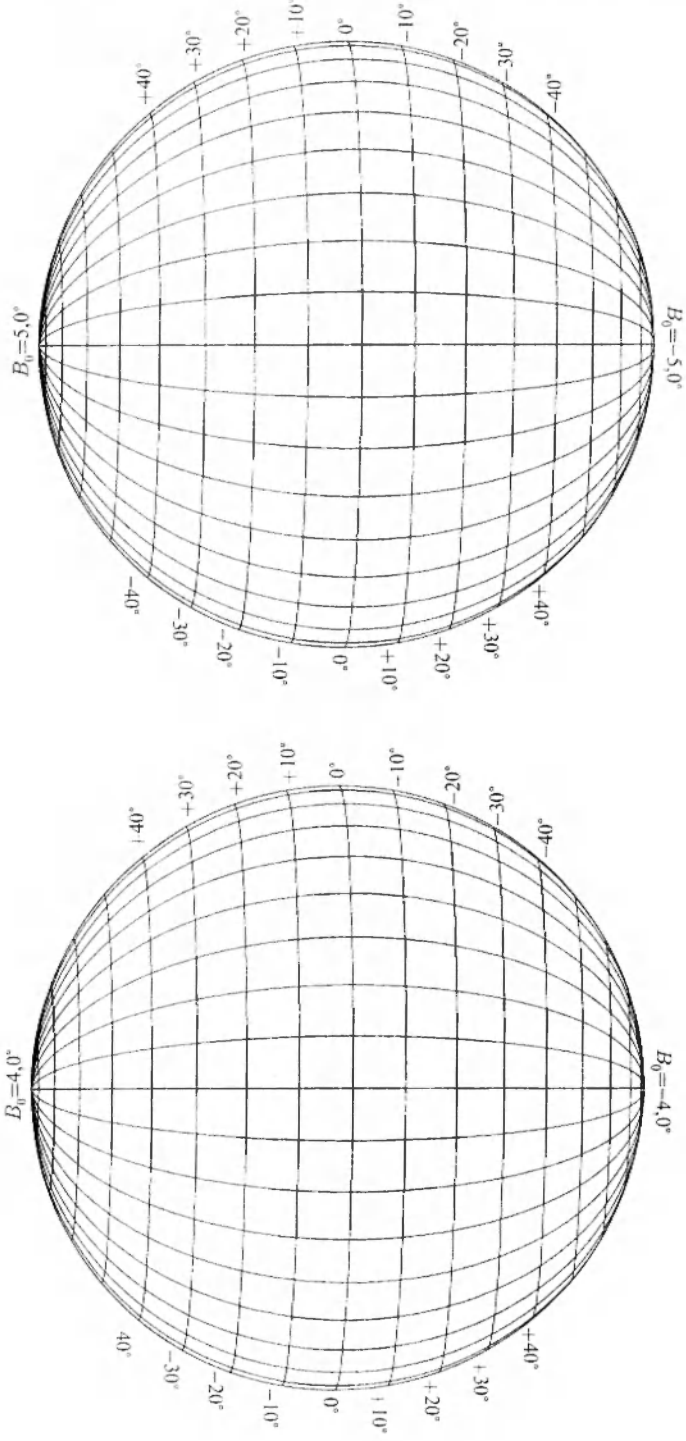
Приложение 5

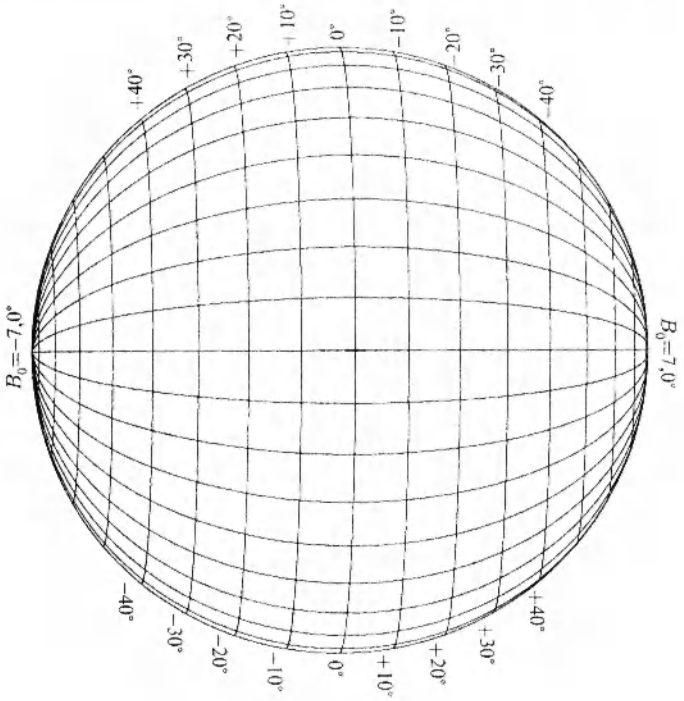
Ортографическая сетка для обработки наблюдений Солнца

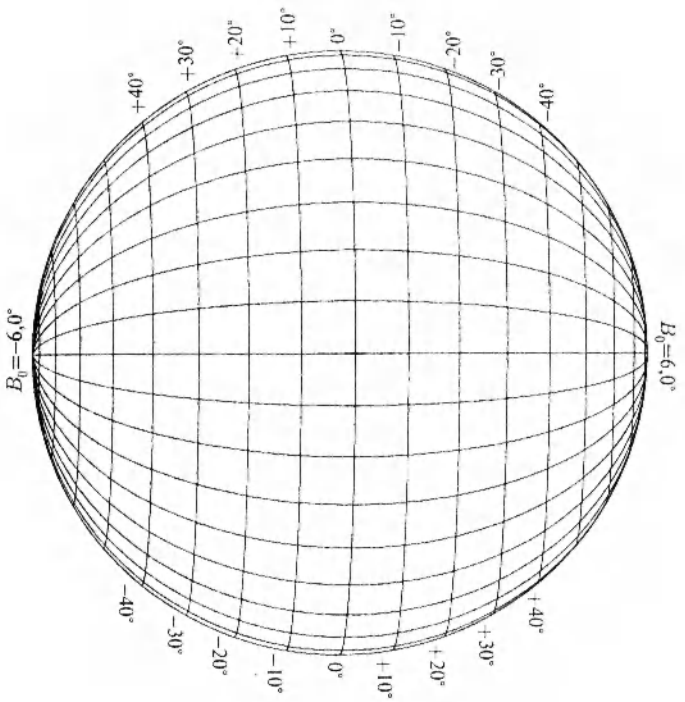



B_0=3,0°
B_0=−3,0°
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
−10°
−20°
−30°
−40°


B_0=2,0°
B_0=−2,0°
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
−10°
−20°
−30°
−40°

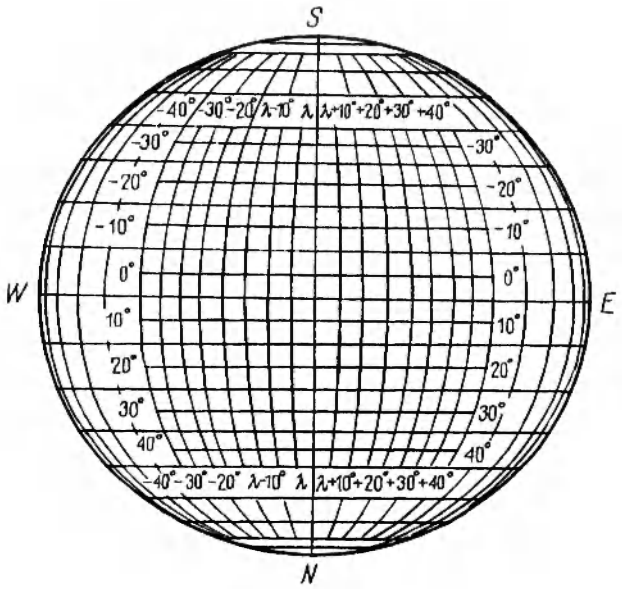

B_0=5,0°
B_0=−5,0°
B_0=4,0°
B_0=−4,0°

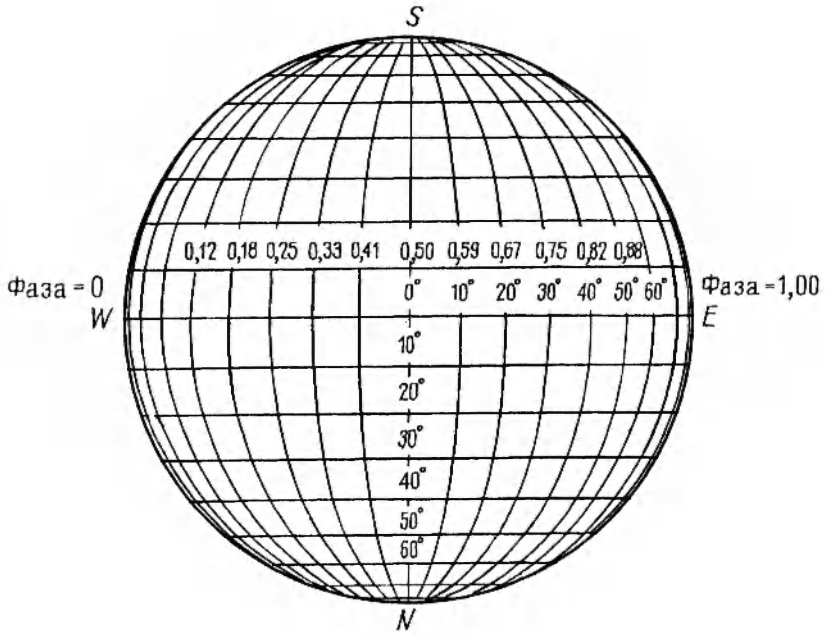

B_0=−7,0°
B_0=7,0°
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
−10°
−20°
−30°
−40°


B_0=−6,0°
B_0=6,0°
+40°
+30°
+20°
+10°
0°
−10°
−20°
−30°
−40°

Приложение 6

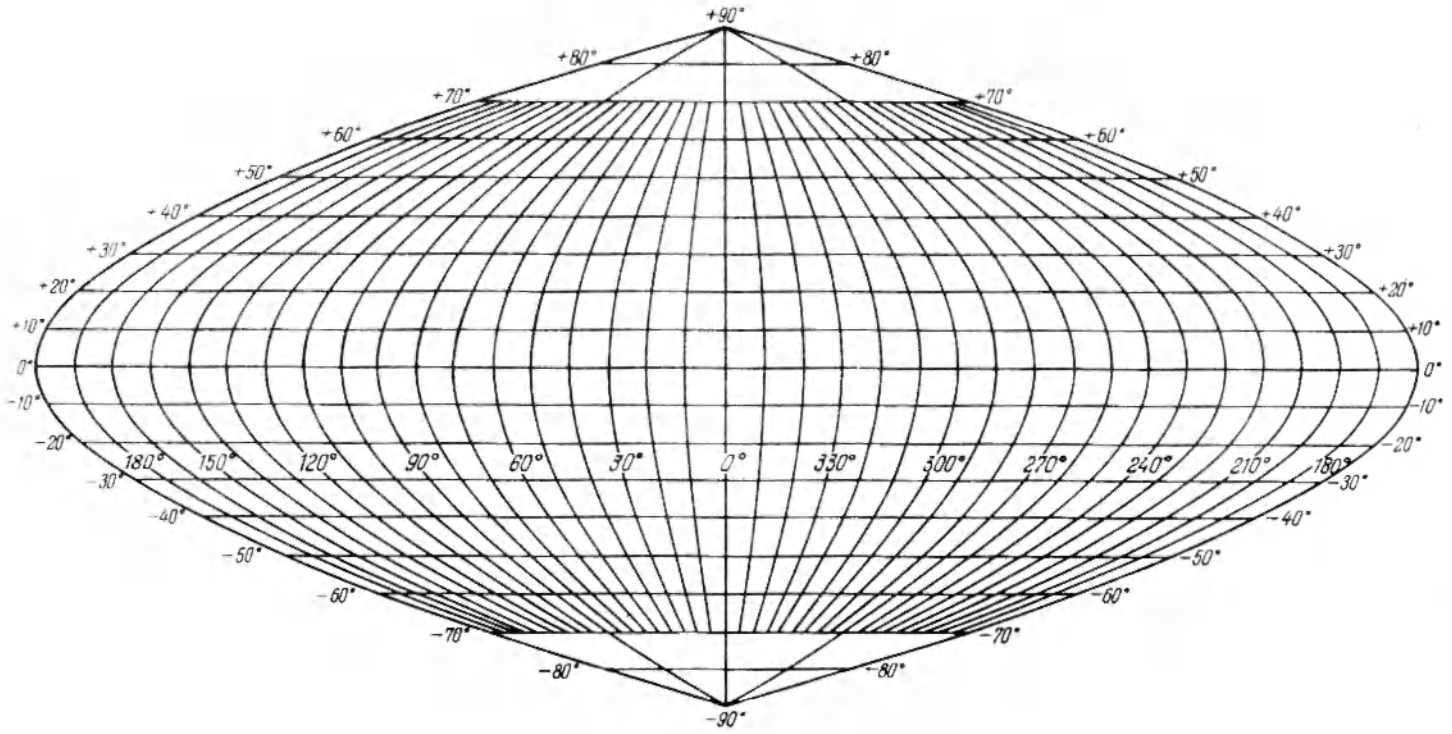
Координатные сетки для наблюдений Марса и Юпитера





Приложение 7

Равновеликая проекция небесной сферы



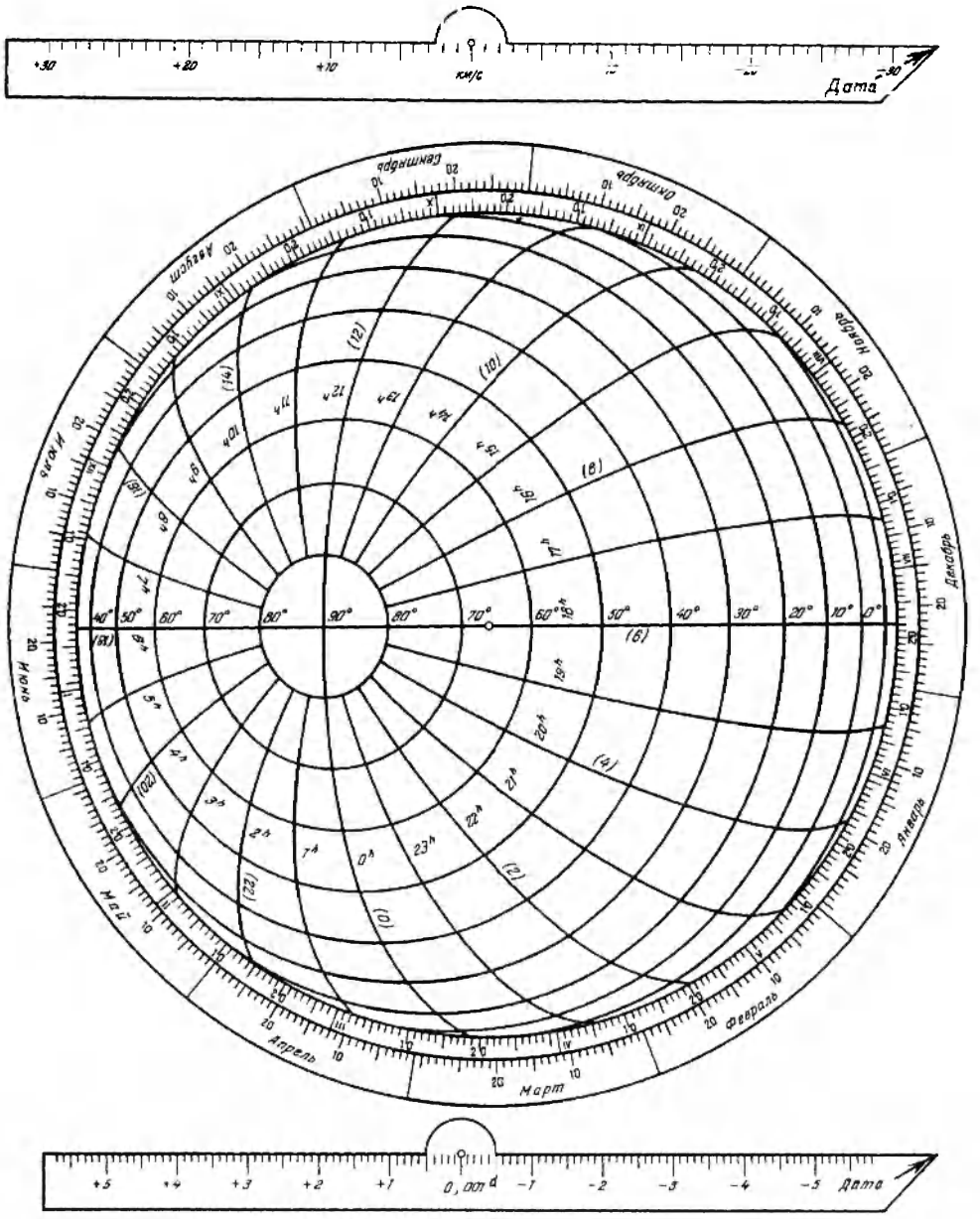
Приложение 8

Номограмма для приближенного определения момента звездного времени (М. С. Зверев)

Для составления программы наблюдений на данный вечер или ночь нужно знать соотношение среднего местного времени и звездного времени в эту ночь. М. С. Зверев предложил простую и удобную номограмму для приближенного перевода момента среднего солнечного времени в звездное. Линейку с часами среднего времени надо приложить к номограмме так, чтобы отметка 0^h совпадала с датой наблюдений. Шкала «звездное время» даст ответ для любого момента времени в промежутке от 18^h до 5^h.

Приложение 9

Номограмма для определения светового уравнения (М. С. Зверев) и проекции орбитальной скорости Земли на луч зрения (Э. А. Витриченко)



Номограмма М. С. Зверева представляет собой проекцию сетки экваториальных координат на плоское эклиптики. Вдоль внешней окружности намечены даты, на которые должна быть направлена накладная линейка, несущая шкалу светового уравнения.

Пользоваться номограммой нужно следующим образом: нанести звезду по координатам на плоскость рисунка, установить стрелку на дату, опустить перпендикуляр из звезды на линейку и у основания перпендикуляра прочитать на линейке поправку. Прибавлять ее нужно с ее знаком. Для обратной полусферы α даны в скобках, величину δ нужно понимать с обратным знаком, а дату брать на внутреннем круге.

Э. А. Витриченко (Крымская астрофизическая обсерватория) предложил использовать ту же номограмму, но с другой накладной линейкой для определения проекции орбитальной скорости Земли на луч зрения, соединяющий наблюдателя с какой-либо звездой, иначе говоря, для учета движения Земли при определении лучевых скоростей звезд.

Линейки можно построить на прозрачных кругах и провести линии перпендикулярно линейкам через $0{,}001^d$ для светового уравнения и через 1 км/с для проекции орбитальной скорости Земли. Это сделает пользование номограммой весьма удобным.

Указатель имен

А

Абалакин В. К. (р. 1930) 365
Адамс Дж. К. (Adams J. C., 1819–1892) Англия 17, 31
Адамс У. (Adams W. S., 1876–1956) США 36, 38
Альвен Х. (Alfven H. O. G., 1908–1995) Швеция 134
Аль-Мамун (786–833) 23
Аль-Суфи (Абдурахман бен Омар ал Суфи 903–986) Персия 23
Амбарцумян В. А. (1908–1996) 37–41, 180, 198, 373
Анаксагор (ок. 500–428 до н. э.) Греция 21
Анаксимандр (ок. 610–546 до н. э.) Греция 21
Ангстрем А. (Angstrom A., 1814–1874) Швеция 33
Антониади Э. (Antoniadi E. M., 1870–1944) Франция 95
Апиан (1495–1552) 24
Аполлоний Пергский (262–180 до н. э.) Греция 22
Арат Солийский (ок. 310–245 до н. э.) Греция 22
Аргеландер Ф. (Argelander F. W. A., 1799–1875) Германия 31, 32, 354, 377
Ариабхата (476–ок. 550) Индия 23, 46
Аристарх Самосский (ок. 310–230 до н. э.) Греция 15, 22, 47
Аристилл (III век до н. э.) Греция 22
Аристотель (384–322 до н. э.) Греция 15, 22, 46
Армстронг Н. (Armstrong N., р. 1930) США 19, 42
Архимед (287–212 до н. э.) Греция 22
Атаи А. А. 43

Б

Бааде В. (Baade W. H. W. 1893–1960) США 38–40, 42, 195
Бабаджанов П. Б. (р. 1930) СССР 124
Байер И. (Bayer J., 1572–1625) Германия 24, 135
Бальде Ф. (Baldet F. 1885–1964) Франция 122
Бальмер И. (Balmer J. J. 1825–1898) Швейцария 34
Барнард Э. Э. (Barnard E. E., 1857–1923) США 37
Бауэрсфельд В. (Bauersfelds, 1879–1959) Германия 37
Бахарев А. М. (1918–1979) СССР 321, 341
Бер В. (Beer W. 1797–1850) Германия 31
Бердников Л. Н. (р. 1947) Россия 169
Бейли С. (Bailey S. I., 1854–1931) США 35
Бейли Ф. (Baily F. 1774–1844) Англия 31
Беккерель А. (Becquerel A. H., 1852–1908) Франция 34
Белл Дж. (Bell J. P.) США 42
Белопольский А. А. (1854–1934) СССР 18, 34, 35, 168, 275
Берг С. ван ден (van den Bergh S.) Канада 192
Бессель Ф. (Bessell F. W., 1784–1846) Германия 17, 30, 31, 33, 364
Бете Г. (Bethe H. A., р. 1906, Нобел. премия по физике 1967 г.) США 38
Бирман Л. (Biermann L. F. B., 1907–1986) ФРГ 40
Бируни (973–1048) Средняя Азия 15, 23
Блажко С. Н. (1870–1956) Россия, СССР 169, 301, 303, 366
Бобров М. С. (1914–1990) СССР 110
Богуславский Г. (Boguslavsky G., 1789–1851) Германия 297
Боде И. Э. (Bode J. E., 1747–1826) Германия 28, 132
Бок В. (Bok B. J. 1906–1983) США 39, 370
Болдуин Дж. М. (Baldwin J. M., 1878–1945) Австралия 100
Болтон Дж. (Bolton J. G. 1922–1993) Австралия 39, 40
Бонд Дж. (Bond G. Ph., 1825–1865) США 32
Бор Н. (Bohr N., 1885–1962) Дания 36
Борелли Дж. А. (Borelli G. A., 1608–1679) Италия 25
Боярчук А. А. (р. 1931) СССР 371
Браге *см.* Тихо Браге
Брадлей Дж. (Bradley J., 1693–1762) Англия 16, 27, 28, 30, 254
Бранд В. (Brand V. D., р. 1931) США 43
Бредихин Ф. А. (1831–1904) Россия 18, 33, 118, 332, 364
Брикеланд О. Норвегия 35
Бройль Л. де (de Broglie L., 1892–1987) Франция 37
Бронштэн В. А. (р. 1918) СССР 126, 363, 366, 368–370, 374
Брорзен Т. (Brorsen T., 1819–1895) Дания 32
Бруно Джордано (Bruno G., 1548–1600) Италия 16, 24, 365
Брюс Я. В. (1670–1735) Россия 27
Бугер П. (Bougur P., 1698–1758) Франция 27
Буйо И. (Boulliau I., 1605–1694) Франция 26
Бунзен Р. (Bunsen R. W., 1811–1899) Германия 18, 32
Бурба Г. А. (р. 1947) СССР 95
Бутенко В. СССР 216
Бэбкок Херольд (Babcock H. D., 1882–1968) США 39
Бэр К. М. (1792–1876) Россия 46

В

Ван Аллен Дж. (Van Allen J. A., р. 1914) США 41
Варахамихара (IV век) Индия 23, 46
Вашакидзе М. А. (1909–1956) СССР 40
Вейцзеккер К. Ф. (Weitzekker K. F., р. 1912) Германия 133
Вернов С. Н. (1910–1982) СССР 41

Видманштеттен А. (Widmanstatten A. A. von, 1753–1848) Австрия 30
Вилсон Александр (Wilson A., 1714–1786) Шотландия 28
Вилсон Р. (Wilson Ralph E., 1886–1960) США 381
Вилсон Р. (Wilson R., p. 1936) 42
Вильямс Дж. (Williams J.) 29
Вин В. (Wien W., 1864–1928) Германия 142
Виоль Ж. (Violle J., 1841–1923) 33
Виткевич В. В. (1917–1972) СССР 40
Вокулер Ж. (de Vaucouleurs J. H., 1918–1995) США 40, 199, 315, 373
Волластон В. (Wollaston W., 1766–1828) Англия 29
Вольф М. (Wolf M., 1863–1932) Германия 36
Вольф Р. (Wolf R., 1816–1893) Швейцария 32
Вольшшан А. (Wolszczan A.) США 44
Воронцов-Вельяминов Б. А. (1904–1994) СССР 38, 151, 193, 363, 366, 371
Всехсвятский С. К. (1905–1984) СССР 41, 95, 334, 369, 370

Г

Гагарин Ю. А. (1936–1968) СССР 19. 41
Газе В. Ф. (1899–1954) СССР 40, 182
Галилей Галилео (Galilei G., 1564–1642) Италия 16, 24, 25, 53, 173, 364
Галле И. Г. (Galle J. G., 1812–1910) Германия 17, 31, 93
Галлей Э. (Halley E., 1656–1742) Англия 16, 26, 27, 155
Гамов Г. А. (1904–1968) СССР, с 1934 США 38, 39
Ганский А. П. (1870–1908) Россия 35
Гардинг К. (Harding K. L., 1765–1834) Германия 30
Гаррисон Дж. (Harrison J., 1693–1776) Англия 27, 29
Гартман Й. Ф. (Hartmann J. F., 1865–1936) Германия 35
Гассенди П. (Gassendi P., 1592–1655) Франция 25
Гаусс К. (Gauss K. F., 1777–1855) Германия 30, 222, 225, 226
Гевелий Ян (Hevelius J., 1611–1687) Польша 25, 26, 69, 364
Гендерсон Т. (Henderson T., 1798–1844) 31
Гераклид Понтийский (388–315 до н. э.) Греция 15, 22, 24
Гераклит Эфесский (576–480 до н. э.) Греция 21
Герцшпрунг Э. (Hertzsprung E., 1873–1967) Дания 18, 35–37
Гершберг Р. Е. (р. 1936) СССР 371
Гершель В. (Herschel W., 1738–1822) Англия 17, 25, 28, 29, 93, 157
Гершель Дж. (Herschel J., 1792–1871) Англия 30, 31, 33
Гиллиленд Р. США 45
Гиппарх (II век до н. э.) Греция 15, 22, 233, 252
Гленн Дж. (Glenn J. H., p. 1921) США 41
Гневышев М. Н. (р. 1914) СССР 81
Гольварда И. (Holwarda J. F., 1618–1651) Нидерланды 25
Горделадзе Ш. Г. СССР 38
Грегори Дж. (Gregory J., 1638–1675) Шотландия 25
Гудрайк Дж. (Goodricke J., 1764–1786) Англия 28
Гулд Б. (Gould B. A., 1824–1896) США 34
Гумбольдт А. (Humboldt A., 1769–1859) Германия 29, 31
Гурский Х. (Gursky H.) США 41
Гусев М. М. (1826–1866) Россия 32
Гюйгенс Хр. (Huygens Ch., 1629–1695) Нидерланды 16, 25, 27, 278

Д

Дагер Л. (Daguerre L-J. M., 1789–1851) Франция 31
Дайсон Ф. (Dyson F., p. 1923) США 371
Д'Аламбер Ж. Л. (D'Alembert J. L., 1717–1783) Франция 27
Данжон А. (Danjon A., 1890–1967) Франция 321
Дарвин Дж. (Darwin G. H., 1845–1912) Англия 34
Де ла Рю У. (De la Rue W., 1815–1889) Англия 32
Дейч А. Н. (1899–1986) СССР 160
Деламбр Ж. (Delambre J. B., 1749–1822) Франция 30
Деландр А. А. (Deslandres H. A., 1853–1948) Франция 34
Делиль Ж. (Delisle J. N., 1698–1768) Франция, с 1726 в России 27
Демокрит (ок. 460–370 до н. э.) Греция 21
Джаккони Р. (Giacconi R., p. 1931) США 41
Джинс Дж. (Jeans J. H., 1877–1946) Англия 133, 364
Джонс Х. Спенсер (Jones H. Spencer, 1890–1960) Англия 38
Джонсон Х. (Johnson H. L., 1921–1980) США 137
Джуит Д. (Jewitt D. C.) США 45, 117
Дибай Э. А. (1931–1983) СССР 374
Добровольский О. В. (р. 1914) СССР 370
Добронравин П. П. (р. 1908) СССР 301
Долгинов А. З., СССР 43
Доллонд Дж. (Dollond J., 1706–1761) Англия 28
Дольфюс О. Франция 112
Домбровский В. А. (1913–1972) СССР 40
Донати Дж. (Donati G. B., 1826–1873) Италия 32, 33
Доплер Х. (Doppler Ch. J. 1803–1853) Германия 31
Дрейер И. (Dreyer J. L. E., 1852–1926) род. в Дании, раб. в Ирландии и Англии 34, 177, 380
Дрэпер Г. (Draper H., 1837–1882) США 33, 34
Дрэпер Дж. (Draper J., 1811–1882) США 31
Дубяго А. Д. (1903–1959) СССР 122
Дупри А. США 45
Дурлевич О. В. (р. 1954) Россия 166

Е

Евдокс Книдский (ок. 408–355 до н. э.) Греция 21
Ефремов Ю. Н. (р. 1937) СССР 166, 371

Ж

Жансен П. (Janssen J. P. C., 1824–1907) Франция 18, 33
Жевакин С. А. (1916–2001) СССР 41, 168

З

Занстра Х. (Zanstra H., 1894–1972) Нидерланды 37

Зверев М.С. (1903–1991) СССР 240, 306
Зееман П. (Zeeman P., 1865–1943) Голландия 276
Зундман К. *см.* Сундман К.

И

Ибн Юнус (950–1009) Египет 23
Ибрагимов Н. Б. СССР 43
Идельсон Н. И. (1885–1951) СССР 364
Икейа К. (Ikeya K., p. 1944) Япония 330
Иннес Р. (Innes R., 1861–1933) шотландец, раб. в ЮАР 157, 381
Иоаннисиани Б. К. (1911–1985) СССР 43

К

Кавендиш Г. (Cavendish H., 1731–1810) Англия 28, 29, 53
Казаровец Е. В. (р. 1952) Россия 166
Кайдановский Н. Л. (р. 1907) СССР 41
Калиняк А. А. (р. 1905) СССР 40, 188
Каллипп (около 370–300 до н. э.) Древняя Греция 21
Каменчук А. С., любитель астрономии, откр. N CrB 1946 г. 172
Камп П. ван де (van de Kamp P., 1901–1995) Нидерланды, с 1923 по 198? работал в США 41, 160
Кант И. (Kant J., 1724–1804) Германия 16, 28, 133
Кардашев Н. С. (р. 1932) СССР 42
Кассини Дж. (Cassini Giovanni Domenico, 1625–1712) Италия, с 1669 работал во Франции 25, 26
Квелотц Д. (Queloz D.) Швейцария 45
Кёбкэ Ф. (Koebcke F., 19) Польша 297
Кеплер И. (Kepler J., 1571–1630) Германия 16, 24, 25, 91, 172, 363
Килер Дж. (Keeler J., 1857–1900) США 35
Кинг А. (King A. S.) 18
Кирик Новгородец (1110–?) Русь 23
Кирквуд Д. (Kirkwood D., 1814–1895) США 33, 103
Кирхгоф Г. Р. (Kirchhoff G. R., 1824–1887) Германия 18, 32
Клавиус Х. (Clavius Ch., 1537–1612) Германия 250
Клеро А. (Clairaut A. S., 1713–1765) Франция 17, 27, 28, 53
Клинкерфюс В. (Klinkerfues E. F. W., 1827–1884) Германия 33
Ковал Ч. (Kowal Ch. T., p. 1940) США 43
Козлов М. Н. СССР 116
Козырев Н. А. (1908–1983) СССР 41, 69, 72
Койпер Дж. (Kuiper G. P., 1905–1973) США, род. в Нидерландах, где и раб. до 1933 г. 39, 103, 115, 117, 133, 368
Коллинз М. (Collins M., p. 1930) США 42
Кольшюттер А. (Kohlschutter A., 1883–1969) Германия 36
Конрад В. (Conrad V., 1876–1962) Австрия 54
Коперник Н. (Kopernik N., 1473–1543) Польша 16, 24, 364
Копфф А. (Kopff A., 1882–1960) Германия 36
Кордылевский К. (Kordylewski K., 1903–1981) Польша 41, 74, 75
Котельников В. А. (р. 1908) СССР 41
Красовский В. И. (р. 1907) СССР 40, 188
Красовский Ф. Н. (1878–1948) СССР 38
Крат В. А. (1911–1983) СССР 42
Кретьен А. (Chretien H., 1870–1956) Франция 278, 294
Кринов Е. Л. (1906–1984) СССР 370
Кристи Дж. (Christy J. W.) США 43, 116
Кубасов В. Н. (р. 1935) СССР 43
Кукаркин Б. В. (1909–1977) СССР 38, 39, 160, 166, 171, 172, 180, 371
Куликов К. А. (1902–1987) СССР 52, 366, 369
Кумар С. (Kumar S. S.) США 163
Кэннон А. (Cannon A. J., 1863–1941) США 34, 35, 379
Кюри П. (Curie P., 1859–1906) Франция 72
Кюстнер К. (Kustner K. F., 1856–1936) Германия 34

Л

Лабейри А. (Labeyrie A.) Франция 42
Лагранж Ж. (Lagrange J. L. de, 1736–1813) Франция 17, 28, 365
Лакайль Н. (La Caille N. L. de, 1713–1762) Франция 27, 28
Лаланд Ж. (Lalande J. J. de, 1732–1807) Франция 29, 365
Лальман А. (Lallemand A., 1904–1978) Франция 40
Ламберт И. (Lambert J. H., 1728–1777) Германия 28
Ландау Л. Д. (1908–1968) СССР 38
Лаплас П. (Laplace P. S., 1749–1827) Франция 16, 17, 28, 29, 133, 268
Ласселл У. (Lassell W., 1799–1880) Англия 31, 32
Лебедев П. Н. (1866–1912) Россия 35, 119
Леверье У. (Le Verrier U. J. J., 1811–1877) Франция 17, 31, 93, 270, 369
Леви Д., (Levy D.) США 123
Лёви М. (Loewy M., 1833–1907) Франция 33
Левин Б. Ю. (1912–1989) СССР 39, 334, 370
Лейтен В. (Luyten W. J., 1899–1994) США 155, 377, 379
Лексель А. И. (1740–1784) Россия 28, 122
Леонов А. А. (р. 1934) СССР 43
Ливитт Г. (Leavitt H. S., 1868–1921) США 36
Лилио А. или Джильо А. (Lilius или Giglio A., 1520–1576) Италия, врач, математик, изобретатель календаря нового стиля (григорианского) 250
Линдблад Б. (Lindblad B., 1895–1965) Швеция 37
Линк Ф. (Link F., 1906–1984) Чехия 322, 369
Лио Б. (Lyot B., 1897–1952) Франция 37, 38, 79, 83, 87, 98, 111
Липперсгей Г. или Липперсей Г. (Lippershey H., 1587–1619) Нидерланды 24
Лилский Ю. Н. (1909–1978) СССР 637
Ловелл П. (Lowell P., 1855–1916) США 94
Локьер Дж. (Lockyer J. N., 1836–1920) Англия 18, 33, 35

Ломоносов М. В. (1711–1765) Россия 16, 25, 27, 28, 97, 364, 365
Луу Дж. (Luu J.) США 45, 117
Любимов А. А. (Афанасий Холмогорский, 1641–1702) Россия 26

М

Майер, Тобиас И. (Mayer Th. J., 1723–1762) Германия 27
Майер, Христиан (Mayer Ch., 1719–1783) Германия 28
Майкельсон А. (Michelson A. A., 1852–1931) США 37, 153
Майор М. (Mayor M.) Швейцария 45
Макарова Е. А. (р. 1917) СССР 274, 368
Мак-Каллаф Т. США 41
Маккей Д. США 45
Маковер С. Г. (1908–1970) СССР 122
Максутов Д. Д. (1896–1964) СССР 39, 277, 288, 289, 373
Мандельштам Л. И. (1879–1944) Россия 37
Мариус С. (Marius S., 1573–1624) Германия 24, 25, 109
Маркарян Б. Е. (1913–1985) СССР 39–41, 180
Мартынов Д. Я. (1906–1989) СССР 366, 367, 369, 371
Марци, Ян Марек (1595–1667) Чехия 25
Маскелайн Н. (Maskelyne N., 1732–1811) Англия 28, 53
Матвеенко Л. И. (р. 1929) СССР 42
Мёдлер И. (Madler J. H., 1794–1874) Германия 31
Мейолл Н. (Mayall N. U., р. 1906) США 39
Менделеев Д. И. (1834–1907) Россия 33, 34
Мензел Д. (Menzel D., 1901–1976) США 368
Мессье Ш. (Messier Ch., 1730–1817) Франция 28, 177, 379
Метон (ок. 460 до н. э.) Греция 15, 21, 355
Минёр А. (Mineur H., 1899–1954) Франция 39
Миннарт М. (Minnaert M. G. J., 1893–1970) Голландия 37, 39, 227, 272
Михайлов А. А. (1888–1983) СССР 136, 199, 254, 334, 367, 374, 375
Молоденский М. С. (1909–1991) СССР 39
Монтанари Ж. (Montanari G., 1633–1687) Италия 26
Морган В. (Morgan W. W., 1906–1994) США 137, 192, 380
Мори А. (Maury A. C., 1866–1952) США 34
Мороз В. И. (р. 1931) СССР 99, 109, 366, 369
Мохоровичич А. (Mohorovicic A., 1857–1936) Хорватия 54
Мульдерс Г. (Mulders G., р. 1908) 272
Мультон Ф. (Moulton F. R., 1872–1950) США 35

Н

Набоков М. Е. (1887–1960) СССР 289, 299
Навашин М. С. (1896–1973) СССР 277, 291, 373
Нань Гуншо (VII век до н. э.) Китай 23
Никонов В. Б. (1905–1987) СССР 40, 188, 371, 374
Нистен Ж. (Niesten J. L. N., 1844–1920) Бельгия 34
Ньюком С. (Newcomb S., 1835–1909) США 241, 251
Ньютон И. (Newton I., 1643–1727) Англия 16, 25, 26, 265, 266, 290, 363

О

Озу А. (Auzout A., 1622–1691) Франция 25, 26
Олдрин Э. (Aldrin E. Jr., р. 1930) США 19, 42, 73
Олмстед Д. (Olmsted D., 1891–1959?) США 30
Ольберс Г. (Olbers H. W. M., 1758–1840) Германия 29–31
Омар Хайям (ок. 1050–1123), персидско-таджикский поэт, ученый, философ 15, 23
Оорт Я. (Oort J. H., 1900–1992) Нидерланды 18, 37, 39, 40, 134
Оппенгеймер Р. (Oppenheimer J. R., 1904–1967) США 38
Оппольцер Т. (Oppolzer Th. von, 1841–1886) Австрия 33, 34
Орлов А. Я. (1880–1954) СССР 36
Орлов С. В. (1880–1958) СССР 118, 332
Остхоф Г. Германия 140

П

Павлов И. П. (1849–1936) Россия, СССР 11
Палей А. Б. 303
Палич И. (Palitzsch I. G., 1723–1788) Германия 28
Паннекук А. (Pannekoek A., 1873–1960) Нидерланды 365
Паолини Ф. (Paolini F. R.) США 41
Папалекси Н. Д. (1880–1947) Россия 37
Паренаго П. П. (1906–1960) СССР 38–40, 151, 157, 166, 171, 172, 175, 187
Парменид (ок. VI века до н. э.) Греция 46
Парселл Э. 40
Парсонс У. *см.* Росс
Пейреск Н.-К. (Peiresc N.-C. F. de, 1580–1637) 24
Пензиас А. (Penzias A. A., р. 1933) США 42
Перрен Ж. (Perrin J. B., 1870–1942) Франция 37
Петерс Х. (Peters Ch. A. F., 1806–1880) Германия, Россия 31, 32
Петр I Великий (1672–1725) Россия 27
Пиацци Дж. (Piazzi G., 1746–1826) Италия 17, 29, 30, 103
Пиготт Э. (Pigott E., 1750–1807) Англия 28, 29
Пиз Ф. (Pease F., 1881–1938) США 36, 37
Пикар Ж. (Picard J., 1620–1682) Франция 16, 25, 26
Пикеринг Э. (Pickering E. Ch., 1846–1919) США 18, 34, 35, 170, 379
Пингре А. Г. (Pingre A. G., 1711–1796) Франция 28
Пифагор Самосский (ок. 570–497 до н. э.) Греция 21, 46
Планк М. (Planck M. C., 1858–1947) 273
Погсон Н. Р. (Pogson N. R., 1829–1891) Англия 32, 33, 136
Полосков С. М. (р. 1911) СССР 123
Попов А. С. (1859–1906) Россия 72, 98
Попов Г. М. (р. 1933) СССР 277, 373
Проктор Р. (Proctor R. A., 1837–1888) Англия 33

Птолемей Клавдий (ок. 90–160 н. э.) Александрия 15, 22, 23, 173, 236, 363
Пуанкаре А. (Poincare H., 1854–1912) Франция 35
Пурбах Г. (Purbach G., 1423–1461) Австрия 23
Пюизе П. А. (Puiseux P. H., 1855–1928) Франция 35

Р

Райл М. (Ryle M. 1918–1984) Англия 41
Райт Т. (Wright Th., 1711–1786) Англия 27
Рамзай В. (Ramsay W., 1852–1916) Англия 35
Рассел Г. Н. (Russell H. N., 1877–1957) США 18, 37
Регномонтан (Мюллер И.) (Regiomontanus, 1436–1476) Германия 23, 363
Рейли Э. 39
Рейн П. ван (Rijn P. van, 1886–1960) Голландия 37
Рейнгольд Э. (Reinhold E., 1511–1553) Германия 24
Рёмер О. (Rømer O. K., 1644–1710) Дания 16, 26, 27
Репин И. Е. (1844–1930) Россия 97
Ребер Г. (Reber G., p. 1911) США 38, 39, 199
Ретик И. (Rhaeticus I., 1514–1576) Германия 24
Риман Б. (Riemann B., 1826–1866) Германия 32
Ричи Дж. (Ritchey G. W., 1864–1945) 37, 278, 294
Риччоли Дж. (Riccioli G. B., 1598–1671) Италия 25
Рише Ж. (Richer J., ок. 1640–1696) Франция 26
Росс, лорд (Parsons W., 1800–1867) Ирландия 31
Росси Б. (Rossi B.) США 41
Роуланд Г. (Rowland H. A., 1848–1901)) США 34, 35
Рош Э. (Roche E. A., 1820–1883) Франция 31
Румовский С. Я. (1734–1812) Россия 28, 365
Рэлей Д. (Rayleigh J., 1842–1919) Англия 34

С

Савари Ф. (Savary F., 1797–1841) Франция 30
Савич А. Н. (1811–1883) Россия 30
Саган К. (Sagan C. E., 1934–1996) США 45
Саутуорт Дж. США 39
Сафронов В. С. (1917–1999) СССР 368
Саха М. (Saha M., 1893–1956) Индия 37
Секки А. (Secchi A., 1818–1878) Италия 18, 32, 33
Симоненко А. Н. (1935–1984) СССР 105, 334, 349, 369, 370
Симпсон Д. (Simpson D.) 74
Скалигер Ж. (Scaliger G. G. 1540–1609) Италия 355
Скиапарелли Дж. (Schiaparelli G., 1835–1910) Италия 18, 33, 95
Склодовская-Кюри И. (Sklodowska-Curie I., 1867–1934) Франция 72
Слайфер В. (Slipher V. M., 1875–1969) США 36, 37
Слейтон Д. (Slayton D., p. 1924) США 43
Слудский Ф. А. (1841–1897) Россия 34
Слюсарев Г. Г. 277, 373
Снайдер Х. (Snyder H.) США 38
Снеллиус В. (Snellius W., 1580?-1626) Нидерланды 25
Созиген (ок. 46 до н. э.) Греция 22, 250
Старикова Г. А. (р. 1925) СССР 153
Стаффорд Т. (Stafford Th. P., p. 1930) США 43
Стеббинс Дж. (Stebbins J., 1878–1966) США 36
Страижис В. Л. 138, 367
Стронг Д. 37
Струве В. Я. (1793–1864) Россия 17, 18, 30, 31, 157, 365
Струве О. Л. (1897–1963) с 1921 раб. в США, правнук В. Я. Струве 37, 157, 365, 367
Стюарт Дж. (Stewart J.) 39
Сундман К. (Sundman K. F., 1873–1949) Финляндия
Сюняев Р. А. (р. 1943) СССР 43

Т

Таузи Р. (Tousey R., p. 1908) США 39
Теннер К. 30
Тимохарис Александрийский (перв. пол. III века до н. э.) Греция 22
Тихо Браге (Tycho Brahe, 1546–1601) Дания 16, 24, 25, 172, 363
Тихов Г. А. (1875–1960) СССР 36, 99
Тициус И. (Titius J. D., 1729–1796) Германия 28, 132
Томбо К. (Tombaugh C. W., 1906–1997) США 37, 94, 115
Троицкий В. С. (1913–1996) СССР 70, 373
Тремплер Р. (Trumpler R. J., 1886–1956) Швейцария, с 1915 г. США 37
Туси Нассирэддин (1201–1274) Персия 15, 23

У

Уиппл Ф. (Whipple F. L., p. 1906) США 122
Улугбек М. Т. (1394–1449), узбекский ученый и правит. Самарканда 15, 23, 364
Умов Н. А. (1846–1915) Россия 35, 168

Ф

Фабриций И. (Fabricius J., 1587–1615) Голландия 24
Фабрициус Д. (Fabricius D., 1564–1617) Голландия 24
Фалес Милетский (ок. 624–547 до н. э.) Греция 21
Федченко Ф. М. СССР 304
Фернель Ж. (Fernel J., 1497–1558) Франция 24
Фесенков В. Г. (1889–1972) СССР 36, 39, 373
Физо А. (Fizeau A. H. L., 1819–1896) Франция 31, 32
Филолай Кротонский (V век до н. э.) 21
Финзен В. (Finsen W. S., 1905–1979) ЮАР 157
Флемстид Д. (Flamsteed J., 1646–1719) Англия 135
Фогель Г. (Vogel H. C., 1841–1907) Германия 33, 34
Фомин А. С. 311
Фраунгофер И. (Fraunhofer J. von, 1787–1826) Германия 29, 30, 32, 272
Фрейл Д. (Frail D. A.) США 44
Фридман А. А. (1888–1925) Россия 37
Фридман Х. (Friedman H., 1916–2000) США 41
Фуко Л. (Foucault J. B. L., 1819–1868) Франция 31, 292

Х

Хаббл Э. (Hubble E.-P., 1889–1953) США 37, 190, 192, 365
Хайкин С. Э. (1901–1968) СССР 41
Хантрес У. США 45
Харитонов А. В. СССР 274, 368
Харрингтон Р. (Harrington, Robert S.) США 116
Хаутгаст И. 272
Хёггинс У. (Huggins W., 1824–1910) Англия 18, 32, 33
Хей Дж. (Hey J. S., p. 1909) Англия 39, 372
Хейл Дж. (Hale G. E., 1868–1938) США 34–37, 79
Хилтнер В. (Hiltner W. A., p. 1914) США 40
Хладни Э. (Chladni E. F., 1756–1827) Германия 29
Хойл Ф. (Hoyle F., 1915–2001) Англия 372
Холл А. (Hall A., 1829–1907) США 33
Холл Д. (Hall D.) 40
Холл, Честер Мур (Hall, C. Moor) Англия 27
Холопов П. Н. (1922–1987) СССР 42, 166, 180, 372, 376
Хоррокс Дж. (Horrocks J., 1619–1641) Англия 25
Хотинок Р. Л. (р. 1928) СССР 370
Хулст Х., ван де (van de Hulst H. C., p. 1918) Нидерланды 39
Хьюиш Э. (Hewish A., p. 1924) Англия 42
Хэнбюри-Браун Р. (Hanbury Brown, Robert) Австралия 153

Ц

Цвикки Ф. (Zwicky F., 1898–1974) Швейцария, с 1925 г. США 38
Цераский В. К. (1849–1925) Россия 18, 34, 35
Цесевич В. П. (1907–1983) СССР 300, 353, 371, 375
Циолковский К. Э. (1857–1935) СССР 35, 72, 364

Ч

Чандлер С. (Chandler S. C., 1846–1913) США 34, 35, 52
Чемберлин Т. (Chamberlin Th. C., 1843–1928) США 35
Чечик П. О., СССР 39
Чеунг А., США 42
Чжан Хэн (78–139 н. э.) Китай 22
Чу Конг (ок. 1100) Китай 21
Чуадзе А. Д. 172
Чудаков А. Е. (р. 1921) СССР 41

Ш

Шайн Г. А. (1892–1956) СССР 37, 38, 40, 182
Шакура Н. И. (р. 1945) СССР 43
Шарлье К. (Charlier C. V., 1862–1934) Швеция 35
Шаров А. С. (1929–1999) СССР 175, 365, 372, 381
Швабе Г. (Schwabe H. S., 1789–1875) Германия 31, 80
Шварцман В. Ф. (1945–1987) СССР 42
Шварцшильд К. (Schwarzschild K., 1873–1916) Германия 35, 36
Шезо Ж. (Loys de Chesaue, 1718–1751) Швейцария 27
Шейнер Х. (Scheiner Ch., 1575–1650) Германия 24, 25
Шейнер Ю. (Scheiner J., 1858–1913) Германия 34, 35
Шепли Х. (Shapley H., 1885–1972) США 36, 37
Шиврис О. Н. СССР 43
Шиллер Ю. (Schiller J., 1580–1627) Германия 25
Ширакаци А. (VII век) Армения 23
Ши-Шень (IV век до н. э.) Китай 15, 22
Шкловский И. С. (1916–1985) СССР 19, 40, 42, 203, 365, 367, 368, 372, 373
Шлезингер Ф. (Schlesinger F., 1871–1943) США 377
Шмидт Б. (Schmidt B., 1875–1935) Эстония, Германия 38, 277
Шмидт М. (Schmidt M., p. 1929) США 41
Шмидт О. Ю. (1891–1956) СССР 39, 133
Шоломицкий Г. Б. (1939–1999) СССР 42
Шпёрер Г. (Spörer G. F. W., 1822–1895) Германия 32
Шрётер И. (Schröter I. H., 1745–1816) Германия 29
Штернберг П. К. (1865–1920) СССР 331, 364
Шуберт Ф. И. (1758–1825) Россия 29, 32
Шумейкер Ю. (Shoemaker, Eugene, 1928–1997) США 123, 332
Шумейкер К. (Shoemaker, Caroline) США 123, 332

Щ

Щиголев Б. М. 226, 367

Э

Эддингтон А. (Eddington A. S. J., Sir, 1882–1944) Англия 36, 37, 162
Эджворс К. (Edgeworth K. E.) Англия 103
Эдлен Б. (Edlen B., p. 1906) Швеция 39
Эйкин Р. (Aitken R. G., 1864–1951) США 68, 157, 158, 376
Эйлер Л. (Euler L., 1707–1783) Россия и Германия 16, 17, 27, 28
Эйнштейн А. (Einstein A., 1879–1955) Германия и США 36, 270, 364
Энгельс Ф. (Engels F., 1820–1895) 14, 16, 199
Энеев Т. М. СССР 116
Эпик Э. Ю. (Opik E. J., 1893–1985) Эстония, СССР, Ирландия 38
Эратосфен Киренский (ок. 200 до н. э.) Греция 22, 46

Ю

Юэн Х. (Ewen H. I.) США 40
Юнг Ч. (Young Ch. A., 1834–1908) США 33

Я

Явнель А. А. (р. 1918) СССР 127
Янский К. (Jansky K. G., 1905–1950) США 38, 199
Яшек К. и М. (Jaschek K. and M.) США 377

Предметный указатель

А

Абастуманская астрофизическая обсерватория 40, 172
Аберрационное смещение звезд 48
Аберрационный эллипс 48
Аберрация звезд 16, 46
— — годичная 255
— — суточная 255
— хроматическая 277
Абсолютно черное тело 76, 89, 141
Абсолютный нуль 176, 273
Адонис — астероид 105
Азимут 230–232, 301, 302
Алголь 26, 28, 34, 159, 165
Альбедо 66, 67
Альдебаран 27, 140, 155, 177
Алькор 161
«Альмагест» Птолемея 15, 22
Альмукантарат 228
Альтазимут 285
Амур — астероид 105
Аналемма 245
Аномалия истинная 48
— силы тяжести (гравиметрическая) 51
— средняя 269
Анталголи 169
Антарес 140
Апекс движения Земли 48
— — Солнца 28, 156
Апогей 255
Аполлон — астероид 105
Апохромат 277
Апсид линия 50, 255
Ареография 93
Ареология 93
Арктур 27, 140, 155
Ассоциации звездные 39, 180, 181
Астеризмы 135
Астероиды 91, 101–104, 106
Астроархеология 12
Астроблемы 71
Астроботаника 99
Астроклимат 281
Астрометрия 11, 250
Астрономическая единица 38, 49, 147, 157
Астрономические инструменты 277
— наблюдения 308
Астрономический календарь 306
Астрономия 11
— авиационная 12
— внеатмосферная 12
— внегалактическая 12
— звездная 12
— кометная 12
— метеорная 12
— мореходная 12
— нейтринная 12
— планетная 12
— полевая 12
— практическая 11
— рентгеновская 12
— сферическая 11
— теоретическая 11
— эфемерид 11
Астрофизика 11
Астрофотография 359
Атлас звездный 135, 136, 348
— скоплений галактик 40, 198
— солнечного спектра 34, 272
Афелий 50
Ахромат 277
Аэрозоли 57, 60

Б

Базис 345
Барицентр 49
Бетельгейзе 45, 135, 164
Бетулия — астероид 103
Бинокль 284
Блеск звезд 18, 136, 353
Боковое зрение 354
Болиды 125, 126, 350
—, связь их с астероидами 131
Болометрическая поправка 139, 150
Болометрическая светимость 150
Большой круг небесной сферы 215
«Боннское обозрение неба» 32, 135, 377
Борозды на Луне 70
Бюраканская обсерватория Арм. АН 39
Бюро астрономических телеграмм МАС 331

В

Вега 17, 140, 253
«Великие противостояния» Марса 325
Венера 16, 19, 20, 22, 24–26, 28–30, 41, 44, 49, 51, 64, 93–95, 97, 98, 101, 113, 132, 136, 262, 264, 270, 323–325
Вертикал первый 230
— светила 231
Веста — астероид 103, 105, 327
Ветвь гигантов 150
Видимое место звезды 234
Видманштеттеновы фигуры 127
Владилена — астероид 104
Возмущения движения планет 266, 269

Восход и заход светил 46, 232
— — — Солнца 14, 66
Времена года 14, 50
Время 239, 355
— барицентрическое динамическое 241
— барицентрическое координатное 242
— всемирное координированное 242
— геоцентрическое координатное 242
— гражданское 244
— декретное 247
— звездное 240, 246
— земное 242
— земное динамическое 241
— истинное звездное 240
— летнее 249
— местное 246
— мировое или всемирное 244
— московское 247
— поясное 247
— солнечное 244
— среднее звездное 240
— — солнечное 243, 244
— эфемеридное 241
Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) 136
Входной зрачок 279
Высота над уровнем моря 51
— светила 230
Выходной зрачок 279
Вычисление орбит 128, 158, 269
— эфемерид 241, 269

Г

Гал 53
Галактика 173, 188
—, вращение 18, 32, 37, 156, 189, 275
—, масса 176, 189
—, направление движения 198
—, плотность материи в ней 189
—, радиоизлучение 201
—, скорость движения 198
—, спиральная структура 40
—, строение 188
—, форма 188
—, число звезд в ней 187, 189
—, ядро 188
— сферическая составляющая 186
Галактики 189
—, классификация 192
—, классы светимости 192
—, красное смещение в их спектрах 196
—, лучевые скорости 196
—, Местная группа 196
—, обозначения их 190
—, определение расстояний до них 195, 196
—, системы их 196, 198
—, скопления их 178–180, 198
—, состав ветвей и ядер 194
— в Андромеде 190, 194
— в Гончих Псах 194
— в Треугольнике 194
— взаимодействующие 193
— с перемычкой 189
— спиральные 189
— сферическая составляющая 186
— эллиптические 189
— —, сжатие 189
— —, состав 194
— яркие 177, 205
Галактическая концентрация 139, 140, 174
Галилеевы спутники Юпитера 24, 329
Гамма-астрономия 12
Гамма-всплески 44
Ганимед — спутник Юпитера 25, 109
Гарвардская обсерватория 18, 31, 142
Гауссова постоянная 265
Геминиды — метеорный поток 44, 337
Географ — астероид 105
Геоид 39, 51
Геотермический градиент 53, 71
Гермес — астероид 93, 101, 105
Гиады — звездное скопление 33, 36, 135, 177, 178
Гидальго — астероид 101
Гидросфера 55
Гипотезы космогонические 133
— образования лунных кратеров 71
Главная астрономическая обсерватория РАН (Пулковская) 17, 31, 52
— последовательность диаграммы «спектр—светимость» 150, 151, 207
Глаз-водитель 287
Глобулы 186
Год 250
— бесселев 251
— високосный 250
— драконический 258
— звездный 49, 161, 252, 256, 264
— календарный 250
— платонов 253
— световой 134
— сидерический 49
— тропический 49, 250, 252
— фиктивный 251
Голова кометы 118
Горизонт видимый 228
— математический (истинный) 228
Горная обсерватория АН Каз. ССР 185
Горы на Луне 16, 69
Горячие пятна на Луне 71
Государственный астрономический ин-т им. П. К. Штернберга (ГАИШ) 52, 166
Гравиметрия 11, 51
Гравитационный коллапс 210
Гравитационный радиус 210
Град 214
Градиенты звездной плотности 186
Градусы, длина их на Земле 50, 51, 214
Граница Мохоровичича 54
Греческий алфавит 24, 135
Гринвичская обсерватория 16, 26

Д

Давление света 35
Дактиль — астероид 45

Дальность горизонта 282
Движение планет 16, 262–264
— — возмущенное 269
— — невозмущенное 269
— — попятное 262, 264
— — прямое 262, 263
— — среднее суточное 269
— полюса мира 229
— полюсов Земли 52
Деймос — спутник Марса 33, 43, 101
Денеб 140
День весеннего равноденствия 243
— зимнего солнцестояния 243
— летнего солнцестояния 243
— осеннего равноденствия 243
Деферент 15
Диаграмма «спектр—светимость» (Герцшпрунга—Рассела) 18, 36, 150, 151, 163
— «цвет—абсолютная звездная величина» 208, 211
Дигрессия 231
Динамика звездных систем 12
Диск Эри 280
Дисперсия 222, 223
Дифракция 279, 320
Дихотомия 66, 325
Долгота дня 238
Дракониды — метеорный поток 125, 129, 130, 347

Е

Европа — спутник Юпитера 25, 43, 106, 109

З

Зависимость «лучевая скорость—расстояние» у галактик 196
— «масса—светимость» 37, 162
— «период—светимость» у цефеид 18, 36, 154, 169
Задача двух тел 266
— трех тел 104, 268
Закон Бэра 46
— Вина 142, 274
— всемирного тяготения Ньютона 265
— Планка 141, 273
— Рэлея 56
— Стефана—Больцмана 76, 141, 275
— Хаббла 196
— Шперера 81
Законы Кеплера 16, 264
Звезд атмосферы 141, 145, 151
— блеск 18, 136, 353
— —, оценка его 137, 353
— внутреннее строение 146
— вращение 36, 165
— движение 155
— лучевые скорости 156, 158
— магнитные поля 164, 165, 276
— массы 161, 162
— мерцание 237
— названия 135
— параллаксы 48, 146, 147, 150
— плотности 163
— показатели цвета 137
— происхождение 207, 208, 211
— размеры 34, 153
— расстояния 146, 147
— светимости 146, 147, 149, 275
— собственные движения 155, 156
— спектры 32, 33, 142, 272
— спутники невидимые 160
— тангенциальные скорости 157
— температура 141, 142, 146
— — ионизационная 275
— фотосфера 141
— цвета 140
— эволюция 207–210
— энергия 142, 146, 208
Звезда Барнарда 41, 156, 160
— Кеплера 24
— Маанена 164
— Тихо Браге 202
Звездная величина абсолютная 147, 332
— — абсолютная звезды 147
— — абсолютная кометы 332, 425
— — абсолютная астероида 429
— — болометрическая 138, 150, 162
— — видимая 136
— — радиометрическая 138
— — фотовизуальная 137, 361
— — фотографическая 137, 361
Звездные дожди 130
Звезды 134
—, ближайшие к Солнцу 155
— белые карлики 31, 36, 146, 152, 153, 162
— взрывные (эруптивные) переменные 168
— визуально-двойные 157
— —, обозначения их 157
— гиганты 142, 150, 159, 178, 179
— двойные 157–159, 161, 170, 180, 211, 276, 281
— долгопериодические переменные 167
— затменные двойные 146, 154, 155, 159, 165, 167
— карлики 142, 146, 153, 155
— кратные 157, 161, 180
— «металлические» 165
— магнитно-переменные 78, 165
— молодые 173, 207
— нейтронные 155, 206
— неправильные переменные 167, 170
— новоподобные 167
— новые 167, 170, 171
— оптические двойные 157
— переменные 166, 167
— —, наблюдения их 353
— —, обозначения их 166
— повторно-новые 171
— полуправильные переменные 167, 170
— пульсирующие переменные 167
— сверхгиганты 142, 146, 151
— сверхновые 153, 167, 172
— спектрально-двойные 155, 158
— сравнения 204, 327, 353, 354, 357
— —, степенная шкала 357, 358
— субгиганты 151, 163
— субкарлики 151–153, 163
— типа Вольфа—Райе 142, 143
— физические двойные 157

— — переменные 167
— цефеиды 154, 167–169
— яркие 16, 137, 140
Земли атмосфера 56
— внутреннее строение 51, 53, 54
— возраст 55
— вращение 15, 46, 240
— —, замедление его 63
— —, неравномерность его 64, 241
— движение 47–49, 243
— магнетизм 55
— мантия 53
— масса 28, 53
— орбита 48
— пылевые спутники 74
— размеры 22, 23
— средняя плотность 28, 54
— форма 46, 50
— химический состав 55
— ядро 53
Земля 46
Зенит 227
Зенитное расстояние 220, 231, 232, 236
Зодиака знаки 243
Зодиакальные созвездия 242
Зодиакальный свет 87, 91, 104, 131, 341
«Зона избегания» Хаббла 196
Зрачок глаза 279

И

Ида — астероид 45
Избыток цвета 175
Измерение времени 239, 242
— углов 214
Изохроны звезд 210
Икар — астероид 101, 103, 105
Инверсия температурная 62
Институт теоретической астрономии АН СССР 109
Интермеркуриальная планета 94
Интерполирование (интерполяция) 218
Интерференционный фильтр 83
Интерферометр 153
Ио — спутник Юпитера 25, 43, 109
Ионосфера Земли и других планет 57, 58, 60, 100, 109, 199, 338
Иррадиация 319
Искатель 285, 286, 289
Искусственные спутники Земли 19, 51, 57, 60, 244
Источники радиоизлучения 172, 201, 203
— — точечные (дискретные) 201
— рентгеновского излучения 42, 168
История астрономии 12

К

Кома — оболочка головы кометы 118
Календарь 250
— григорианский 24, 250
— мировой 251, 252
— юлианский 22, 250
Каллисто — спутник Юпитера 25
Каналы на Марсе 33
Каталог астрометрический 11
— звездный 15, 22, 25, 27, 136
— радиоисточников Кембриджский 203
— туманностей 28, 29, 37, 136
Качество изображения 281
Квадрантиды — метеорный поток 336, 337
Квадратура планеты 263, 324
Квазаги 205, 206
Квазары 18, 41, 204
Кеплерова окружность 269
Климатические пояса Земли 243
Коллимация 302
Кольца Сатурна 25, 32, 110, 330
Колюр равноденствий 231, 233
Комет движения 262
— звездная величина 122, 332
— наблюдения 33, 330
— обозначения 331
— происхождение 123, 134
— состав 117–119
— хвосты 117, 118
— элементы орбит 269
— ядра 118
Комета Аренда—Ролана 123
— Биелы 122
— Веста 119
— Галлея 22, 44, 93, 118, 119, 122, 123, 331
— Делавана 123
— Донати 32, 119
— Икейа—Секи 330
— Мркоса 119, 333
— Отерма 121, 122
— Хейла—Боппа 45
— Холмса 122
— Швасмана—Вахмана 121, 122
— Энке 30, 122, 331
Кометоискатель 330
Кометы 91, 117, 262
— телескопические 333
Конические сечения 30, 217
Контакты затмения 258, 259
Конфигурации планетные 263
Координатные сетки для наблюдений планет 323
Координаты астрономические 227
— видимые 255
— галактические 227, 235
— гелиографические 80, 313
— гелиоцентрические 235
— географические 51, 229
— геоцентрические 51, 235
— горизонтальные 227, 230
— истинные 255
— планетоцентрические 235
— селенографические 306, 317, 318
— средние 254, 255
— сферические 227
— топоцентрические 235
— экваториальные 227, 229, 231, 233
— эклиптические 227, 234
Кора 53
Коричневые карлики 160
Коронограф внезатменный 37, 87

Корпускулярное излучение 77
Корреляция 224
Космическая пыль 173, 174
Космические лучи 57, 352
Космогония 12
Космологическое излучение 207
Космология 12
Коэффициент корреляции 224
Крабовидная туманность 23, 39, 40, 42, 172, 201, 202, 206
«Красное Пятно» на Юпитере 34, 109, 327, 328
Красное смещение в поле тяготения (эффект Эйнштейна) 36, 37, 257
— — в спектрах галактик 37, 196
Кратеры на Луне 69, 70
— на Марсе 42, 99, 100
Крест нитей 278, 287, 360
Кривая блеска переменной звезды 159
— — — — средняя 356
— Гаусса 222
— лучевых скоростей 158
— нормального распределения 222
— спектральной чувствительности 137
— — — глаза 137
Кривые распределения энергии 142, 222, 273, 274
Кромлехи 14
Круг склонения 230
— широты 235
Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР 39, 182, 188
Кульминация светил 231

Л

Латинский алфавит 24, 312, 331
Леониды — метеорный поток 29, 30, 128–130, 337, 338, 347
Либрация Луны 67
Линия апсид 50, 255
— излучения 271
— изменения даты 249
— поглощения 81, 176, 271, 273
— узлов 256
— эмиссионная 271
Лириды — метеорный поток 128, 129, 334, 337
Литосфера 53
Луна 46, 51, 62–64
Луны возраст 66
— вращение 67
— движение 64, 241, 255
— затмения 21, 57, 256
— карта 66
— — невидимой стороны 67
— карты 69
— масса 49, 64
— наблюдения 317
— орбита вокруг Солнца 255
— параллакс суточный 49
— плотность 64
— происхождение 73, 74
— размеры 64
— расстояние от Земли среднее 64
— температура поверхности 70
— тень, ее длина 257
— фазы 64, 255
— элонгации 66
Лучевая скорость 33, 34, 156, 158, 275
Лучи светлые на Луне 70

М

Магеллановы Облака 36, 182, 189, 194, 196, 197
Магнитные бури 77, 78, 308
Магнитное поле Земли 55, 56
Магнитограф 276
Мак-Мас (обсерватория) 273
Малый круг небесной сферы 215
Мантия 53
Марс 98, 323
—, карта поверхности 98, 100
Масконы 73
Масштаб снимка 282
Маятник Фуко 32, 46
Международная служба Солнца 308, 312
— — широты 52, 244
Международные широтные станции 52
Международный Астрономический Союз (МАС, IAU) 244
Межзвездная среда 201, 206
Межзвездное поглощение света 31, 138, 148, 175
Мезопауза 60
Мезосфера 60
Меридиан 22, 230
— Кэррингтона 313
Меркурий 22, 49, 93, 95, 262, 323
Месяц аномалистический 256
— драконический 256
— звездный 64
— сидерический 64, 255
— синодический 66
Метагалактика 12, 198
Метеорит Гоба 126
Метеоритные кратеры на Земле 71
Метеоритный дождь 352
Метеорит Сихотэ-Алинский 71, 126
— Тунгусский 36, 123, 125, 126
Метеориты 124, 126, 127, 349, 350
Метеорная пыль 91, 125
Метеорные дожди 33, 339
— потоки 29, 122, 123, 128, 336
— —, наблюдения их 130, 199
— —, связь их с кометами 33, 123, 128
— рои 91, 125, 128
— следы 63, 199, 338
— —, дрейф их 348
— тела 56, 124, 125
Метеорный патруль 124, 347
Метеоры 124
—, наблюдения их 57, 130, 334
—, — — базисные 338, 345, 346
—, — — радиолокационные 130
—, спектры их 124
— спорадические 131, 337
— стационарные 334
Метод испытания зеркала Ронки 292
— — — теневой 292

— оценки блеска звезд Аргеландера 354
— — — — интерполяционно-степенной (Блажко—Нэйланда) 354
— — — — интерполяционный (Пикеринга) 353
Метонов цикл 15, 21
Микроволновое фоновое излучение — см. Космологическое излучение
Микрометеориты 91, 125
Микрометр 25, 295
Мира Кита 169, 170, 211
Мицар 24, 159, 161
Млечный Путь 16, 24, 173
Модуль расстояния 148, 177, 196
Монокуляр 285
Монтировка телескопа 285
— — азимутальная 285
— — экваториальная (параллактическая) 285
— — — английская 285
— — — немецкая 285
«Моря» на Луне 67
«Моря» на Марсе 99

Н

Надир 227
Наклон орбиты 50, 93, 95, 269
— экватора к эклиптике 15, 21, 50, 233, 234, 236
Небесная механика 11
— сфера 135, 227, 228, 230
Небосвод 227
Нептун 17, 31, 45, 93, 95, 113, 114, 264, 323, 330
Нереида — спутник Нептуна 93, 115
Новолуние 65
Новый стиль 250
Номограммы М. С. Зверева 240, 306, 356
Нормальное распределение 222, 223
Нулевой меридиан Кэррингтона 313
Нутация 16, 27, 234, 252, 254

О

Оазисы (на Марсе) 99
Облако Оорта 40, 134
Обозначения больших и малых чисел 213
Обтюратор 347
Объектив 277–279
Озон в земной атмосфере 56
«Окна Кирквуда» 33
Окулярная камера 315
Окуляры 278
Оппозиция 103, 263
Оптическая ось трубы 278
Орбитальные элементы 158
Орбита параболическая 267
Ориониды — метеорный поток 337
Ортографическая проекция 318
— сетка для обработки наблюдений Солнца 314
Освещенность 239
Ось мира 229
— полярная инструмента 285
— склонения инструмента 285
Относительное отверстие 279
— фокусное расстояние 283
Ошибка положения 353

П

Падающие звезды 14, 30, 124
Паллада — астероид 29, 103, 106, 327
Параллакс 17, 48
— горизонтальный 49
— Луны 46, 49
— Солнца 26, 49
— суточный 49
Параллаксы звезд спектральные 18, 147, 148, 151
— — тригонометрические 17, 146, 147
— — фотометрические 148, 195
— — цефеидные 18, 147, 148, 169
Параллактический (астрономический) треугольник 231
— угол 231
— эллипс 47
Параллактическое смещение 147
Параметр конического сечения 217
Парижская обсерватория 26, 377
Парсек 134, 147
Пекинская обсерватория 23
Пентапризма 308
Пепельный свет Венеры 325
— — Луны 66
Первая четверть — фаза Луны 65
Периастр 158
Перигей 255, 256
Перигелий 50, 263
—, вековое перемещение его 270
—, долгота его 270
Перигелийное расстояние 270
Период Чандлера 52
— обращения планеты 264, 269
— — — звездный (сидерический) 264
— — — синодический 264
Персеиды — метеорный поток 125, 128, 129, 334, 336–338, 347
Петербургская астрономическая обсерватория 27
Пиргелиометр 76
Планетарии 22, 37
Планет движение 262
— — среднее 269
— звездные величины 323, 324
— массы 75, 265, 266
— наблюдения 322
— наклоны орбит 92–94
— происхождение 132
— размеры 93, 322
— расстояния от Земли 323
— спектры 273
— угловые размеры 323
— фаза 323
— фазовый угол 323
— физические характеристики 95
— элементы орбит 269
— элонгации 230, 231, 262
Планеты 91
— верхние (внешние) 262, 263

— малые 101–103, 327
— нижние (внутренние) 262
Плеяды 31, 36, 135, 177, 178, 320
Плоская составляющая Галактики 169, 186, 188
Плутино 117
Плутон 37, 45, 64, 92, 94, 95, 115–117, 323
Поверхность Конрада 54
Поглощение света в земной атмосфере 57
— — в пространстве 18, 148, 150
— — — — селективное 36, 175
Погода, предсказание ее перемен 307
Погрешность относительная 221
Подсистемы Галактики 186, 187
Позиционный угол 296, 297
Показатель цвета 137, 138, 141
Покрытия звезд 306, 319, 320
Полдень истинный 231
Поле зрения 278, 282
Полнолуние 64, 65
Полосы Ронки 292
Полуденная линия 230
Полюсы большого круга 215
— Галактики 140, 173, 235, 236
— Земли 51, 52
— —, движения их 34, 52
— — магнитные 56
— мира 50, 229
— эклиптики 235
Поляризация света звезд 40
Полярная звезда 46, 50, 325
— ось инструмента 234, 285
Полярное расстояние 231
Полярные круги 243
— сияния 35, 57, 61
— шапки Марса 99, 325
Понижение горизонта 228
Попятное движение планет 262
Порядковый счет дней в году 355
Последняя четверть — фаза Луны 66
Постоянная Больцмана 273
— закона Стефана—Больцмана 275
— нутации 254
— Планка 273
— тяготения 265
— Хаббла 196
Поток радиации 76
Пояс Койпера 45, 103, 117
— радиации вокруг Земли 62
— Эджворса—Койпера *см.* Пояс Койпера
Правило Тициуса—Боде 28, 29
Предварение равноденствий 252
Предел Роша 31, 110
— Кумара 163
— Чандрасекара 210
Предельная выдержка 283
Предельный угол разрешения 280
Прецессия 15, 234, 240, 252
— лунно-солнечная 253
— от планет 253
Прикладной час 63
Приливы 34, 63
Принцип Доплера 18, 31, 48, 158
— Лежандра 225
Пробелы Кирквуда 103
Продолжительность дня и ночи 238
— сумерек 238, 239
Прозрачность неба 282
Проксима Змееносца 160
— Кентавра 158, 173
Промежуточная составляющая Галактики 186
Проницающая сила телескопа 279, 284
Противоросники 287
Противосияние 32, 91, 124, 131, 341
Противостояние 263, 264
Протопланетный диск 44
Протуберанц-спектроскоп 83
Протуберанцы 83
Прохождения Меркурия и Венеры по диску Солнца 16, 25, 49, 262
Процион 17, 31
Прямое восхождение 135, 206, 229, 233
— —, вычисление 234
Пулковская обсерватория 17, 31, 81
Пульсары 18, 42, 155, 206

Р

Равноденствия весеннее и осеннее 49, 50
Радиан 147, 214
Радиант звездного скопления 177
— кометный 345
— метеорного потока 130
Радиационные пояса 41, 62
Радиоастрономия 12, 199
Радиогалактики 203
Радиоизлучение Венеры 41, 97
— галактик 203
— Галактики 188, 201
— комет 123
— космическое 38, 56, 199
— Луны 39, 70
— межзвездного водорода 201
— нетепловое 203
— планет 201
— планетарных туманностей 185
— Солнца 39, 86, 89
— тепловое 207
— Юпитера 40, 109
Радиолинии атомов и молекул 201
Радиолокация Венеры 41
— Луны 37, 39
— Меркурия 42
— метеоров 57
— Солнца 41
— Юпитера 41
Радиометр 76, 138
«Радиоокно» земной атмосферы 200
Радиосигналы времени 304, 305
Радиоспектр 201, 203
Радиотелескоп 38, 199, 200
Радиотуманности 201, 202
Раздел Мохоровичича 54
Разрешающая сила глаза 280
— — телескопа 200, 280
— способность радиотелескопов 200
Распределение энергии в спектре 29, 57, 273

Распространенность химических элементов во Вселенной 37, 212
Рассеяние света 34, 56, 86
— —, теория 34
Реверзионная призма 353
Регмаглипты 352
Реголит 70, 73
Регул 254
Реликтовое излучение 189, 207
Рентгеновское излучение 168, 206
Рефракция 57, 220, 230, 236, 237, 303
— радиоволн 237
Ригель 140

С

Сарос 21, 261
Сатурн 32, 49, 93, 101, 109–111, 262, 269, 323, 329, 330
Сверхгалактика 199
Сверхгиганты 142, 144, 146
Свет, скорость 16, 26, 48, 75, 257
Светимость 142, 146, 147, 149
Световое давление 25, 118, 119
— уравнение 356
Световые элементы переменной звезды 356
Светофильтры 36, 294, 300
Светочувствительность фотоматериалов 283
Свечение ночного неба 61
Северный Полярный Ряд 136, 280, 358
Сейсмология 53
Селенография 25, 69
Селенология 74
«Семейство комет Юпитера» 121
Серебристые облака 34, 56
Сигналы времени по радио 304, 305
Сизигии 66
Сила тяжести на поверхности звезды 164
Синхротронный механизм радиоизлучения 203
Сириус 17, 27, 31, 136, 178
Система мира Коперника 16, 25
— — Птолемея 15, 22
— обозначений чисел 213
Сканирование 71
Склонение 230, 231
Скопления звезд, обозначения их 374
— — движущиеся 176
— — рассеянные 161, 173, 177, 178
— — шаровые 179, 180
Скорость ускользания 61
Служба времени 11, 244, 304, 319
— Солнца 308, 309, 312
Смешение линий в спектре звезд (доплеровское) 48, 158, 176
Собственное движение звезд 155
Соединение планеты с Солнцем 262, 263
— светил 263
Созвездия 135
— зодиакальные 242
Солнечная активность 57, 60, 76, 78, 80, 81, 88, 257, 321
— грануляция 79
— постоянная 33, 76
— система 48, 51
Солнечный ветер 60, 77, 88, 89
— окуляр 308
— экран 285, 289, 308, 310
Солнца атмосфера 77, 81
— вращение 24, 79, 81, 134, 276
— —, период его 25, 80
— гранулы 77
— движение среди звезд 93
— диаметр 22, 75
— затмения 23, 34, 86, 131, 233, 317
— звездная величина 136, 149
— излучение 56, 60, 64, 77
— —, падающее на Землю 76
— — корпускулярное 77
— — рентгеновское 77, 89
— источники энергии 75
— координаты 156
— корона 82, 85–87, 257
— магнитное поле 78, 134
— масса 75, 88, 93, 257, 265, 266, 269
— наблюдения 234, 239, 289, 308
— — фотографические 315
— обращающий слой 146
— ось вращения 312, 313
— отталкивательное действие 119
— периодичность активности 79, 88
— плотность 86
— поры 78, 310
— потемнение к краю 77
— протуберанцы 83
— пятна 16, 77, 78, 308, 310
— —, магнетизм их 81
— радиоизлучение 39, 86, 89
— расстояние от Земли 48, 49
— спектр 57, 81
— температура 33, 75, 273, 274
— факелы 77, 79, 314
— факельные поля 79, 308, 314
— флоккулы 77, 79
— фотосфера 77
— химический состав 87
— хромосфера 27, 81, 82
— энергия 57, 75
Солнце 75
Солнцестояние 46, 50
Соотношение Эйнштейна 75
Составляющие Галактики 169, 186
Спектр 271
— вспышки 33, 82
— излучения 271
— линейчатый 271
— непрерывный 271
— планет 273
— поглощения 88, 271
— солнечной короны 86
— эмиссионный 271
Спектральная классификация звезд 18, 34, 143, 145
Спектральные классы 142
— — поздние 144
— — ранние 144
Спектральный анализ 32, 271
Спектроболометр 76

Спектрогелиограмма 79, 84
Спектрограф 272, 300
Спектроскоп 300, 301
Спикулы 83
Сплюснутость Земли 46, 51, 53
— Сатурна 109
— Юпитера 51
Способ наименьших квадратов 222, 225
Спутники Земли пылевые 74
— Марса 100, 101
— Нептуна 114, 115
— планет 93, 95, 115
— Проциона 17
— Сатурна 29, 111, 112, 330
— Сириуса 17, 31, 33, 164
— Урана 31, 32, 44, 112
— Юпитера 16, 47, 107, 109, 329
Стандартная система координат 234
Старый стиль 250
Стационарные линии поглощения 176
Стояние планеты 262
Стратосфера 60, 86
Сумерки 238, 239
Сутки звездные 240
— солнечные истинные 243
— — средние 243, 244
Суточная вариация хода часов 305
— параллель 296, 312
Сфероид земной 51
Счет метеоров 335, 336, 338–340

Т

Тангенциальная скорость 157
Текгиты 128
Телескопы 16, 69, 277
— менисковые 181, 288
— рефлекторы 277
— рефракторы 277, 285
— самодельные 281
Температура ионизационная 275
— кинетическая 86
— цветовая 142, 274
— эффективная 141, 275
Температурные инверсии в земной атмосфере 62
Тени Фуко 292
Теодолит 230, 285
Терминатор на Венере 325
— — Луне 66, 318
Титан — спутник Сатурна 25, 39, 112, 330
Точка весеннего равноденствия 229, 233, 240, 252
Точки либрации 74, 268
Трещины на Луне 69
Тригонометрия сферическая 215
Тритон — спутник Нептуна 31, 93, 114, 115
Тропики 243
Тропопауза 60
Тропосфера 60
Троянцы — астероиды 36, 74, 104, 268
Туманности внегалактические 188, 189
— газовые 144, 182
— газопылевые 182
— галактические 177, 182
— —, обозначения их 177
— диффузные 178, 182, 186
— неправильные 189
— планетарные 182, 184, 185
— спиральные 189
— темные 174, 185

У

Увеличение телескопа 278
Углы, их измерения 214
Угол рефракции 237
— эксцентриситета 270
«Угольный мешок» 174
Узлы галактического экватора 173
— орбиты Луны 256
— — планеты 262
Уравнение времени 245
— синодического движения 256, 264
Уравновешивание трубы 286
Уран 17, 28, 93, 95, 112, 113, 132, 133, 264, 323
Ускорение силы тяжести на поверхности Земли 53
Установка штатива трубы 277, 301, 302
Уход за трубой 287
— — часами 304

Ф

Фаза солнечного затмения 260
Феба — спутник Сатурна 93, 112
Фобос — спутник Марса 33, 43, 101
Фокусировка камеры 359
Фокусное расстояние 277, 279, 308
— — эквивалентное 279
Формула Боуэна 280
— Планка 274
Фотографирование комет 333
— Луны 31, 319
— метеоров 347
— переменных звезд 359, 360
— Солнца 317
Фотометрическая система звездных величин 137, 355, 357
Фотометрические стандарты 136
Фотометрический клин 299
Фотометры 137, 298
Фотоумножитель 137, 138
Фраунгоферовы линии спектра 82, 239, 272
Функция светимости 153, 336

Х

Хейла цикл 79–81
Химические элементы, содержание во Вселенной 211, 212
Хромосферные вспышки 90

Ц

Цвета дополнительные 140, 141
— радуги 271
Цветовая температура 142
Церера — астероид 17, 29, 103, 105, 133, 155, 327

Цикл Хейла, магнитный 79, 81
Циклиды 131

Ч

Часовой механизм 244, 317
— угол 220, 233
Часов поправка 220, 240, 304
— суточный ход 304
Часовые пояса 247
Часы 304
— солнечные 244
Четки Бейли 257
Число Вольфа относительное 80, 312

Ш

Широкие пары 158
Широта астрономическая 51
— геодезическая 51, 399
— геоцентрическая 51, 399
Шкала звездных величин 136
— цветов звезд 140

Щ

Щель Кассини в кольце Сатурна 26, 329

Э

Эволюционные треки звезд 210
Эволюция «горячей Вселенной» 39, 207
Эквант 15
Экватор галактический 140, 173, 235
— Земли 51
Экваториал 286, 301
Экватор небесный 229, 231
Экзопланеты 160
Экзосфера 60, 61
Эклиптика 233, 234
Экстинкция 57, 175
Эксцентр 15
Эксцентриситет 48, 103, 217, 294
Эксцентриситета угол 270
Электрофотометрия 137
Элементы орбиты 157, 159
Эллипс рассеяния метеоритов 128, 352
Эмиссионные линии 86, 170, 271
Эпицикл 15
Эпоха равноденствия 254
Эра 251
Эрос — астероид 38, 45, 105
Эрстед 56
Эфемериды 11, 157, 241
Эффект Блажко 169
— Доплера 204, 275
— Зеемана 78
— Пойнтинга—Робертсона 132
— Пуркинье 354
— Эйнштейна 36, 37, 257
Эффективная температура 141

Ю

Южное Тропическое Возмущение на Юпитере 327
Юлианский период 234, 251, 355
Юнона — астероид 29, 103, 105, 106, 327
Юпитер 49, 51, 73, 93, 95, 103, 104, 106, 107, 264, 269, 323, 324, 327
—, радиоизлучение его 40, 109

Я

Явление Вилсона 311
Ядерные реакции в звездах 146
Янус — спутник Сатурна 112
Япет — спутник Сатурна 93, 112, 330
Ясли — звездное скопление 135, 177

Издательство УРСС

специализируется на выпуске учебной и научной литературы, в том числе монографий, журналов, трудов ученых Российской Академии наук, научно-исследовательских институтов и учебных заведений.

Уважаемые читатели! Уважаемые авторы!

Основываясь на широком и плодотворном сотрудничестве с Российским фондом фундаментальных исследований и Российским гуманитарным научным фондом, мы предлагаем авторам свои услуги на выгодных экономических условиях. При этом мы берем на себя всю работу по подготовке издания — от набора, редактирования и верстки до тиражирования и распространения.

Среди недавно вышедших книг мы предлагаем Вам следующие.

Сурдин В. Г. **Рождение звезд.**

Сурдин В. Г. **Введение в классическую звездную динамику.**

Кононович Э. В., Мороз В. И. **Общий курс астрономии.**

Ипатов С. И. **Миграция небесных тел в Солнечной системе.**

Петров К. П. **Аэродинамика транспортных космических систем.**

Пенроуз Р. **Новое мышление императора.**

Эльсгольц Л. Э. **Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление.**

Табор М. **Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.**

Краснов М. Л. и др. **Вся высшая математика.** Т. 1–6.

Краснов М. Л., Киселев А. И., Макаренко Г. И. **Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. 3-е изд.**

Краснов М. Л., Киселев А. И., Макаренко Г. И. **Векторный анализ. Сборник задач.**

Краснов М. Л. и др. **Обыкновенные дифференциальные уравнения. Сборник задач.**

Краснов М. Л. и др. **Интегральные уравнения. Сборник задач.**

Краснов М. Л. и др. **Вариационное исчислене. Сборник задач.**

Шикин Е. В. **От игр к играм.**

Боровков А. А. **Теория вероятностей.**

Боровков А. А. **Эргодичность и устойчивость случайных процессов.**

Арнольд В. И. **Математические методы классической механики.**

Галеев Э. М., Тихомиров В. М. **Оптимизация: теория, примеры, задачи.**

Колоколов И. В., Кузнецов Е. А. и др. **Задачи по математическим методам физики.**

Квасников И. А. **Молекулярная физика.**

Шепелев А. В. **Оптика. Готовимся к экзаменам, зачетам, коллоквиумам.**

Самарский А. А. и др. **Задачи и упражнения но численным методам.**

Карапетян А. В. **Устойчивость стационарных движений.**

Аминьева Т. П., Сарычева Л. И. **Фундаментальные взаимодействия и космические лучи.**

Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. **Современные проблемы нелинейной динамики.**

Авдуевский В. С. **К. Э. Циолковский. Космическая философия.**

Пригожин И., Стенгерс И. **Порядок из хаоса.**

Пригожин И., Стенгерс И. **Время. Хаос. Квант.**

По всем вопросам Вы можете обратиться к нам:
***тел./факс* (095) 135–44–23, *тел.* 135–42–46**
или *электронной почтой* urss@urss.ru.
Полный каталог изданий представлен
в *Интернет-магазине*: http://urss.ru

Издательство УРСС
Научная и учебная литература