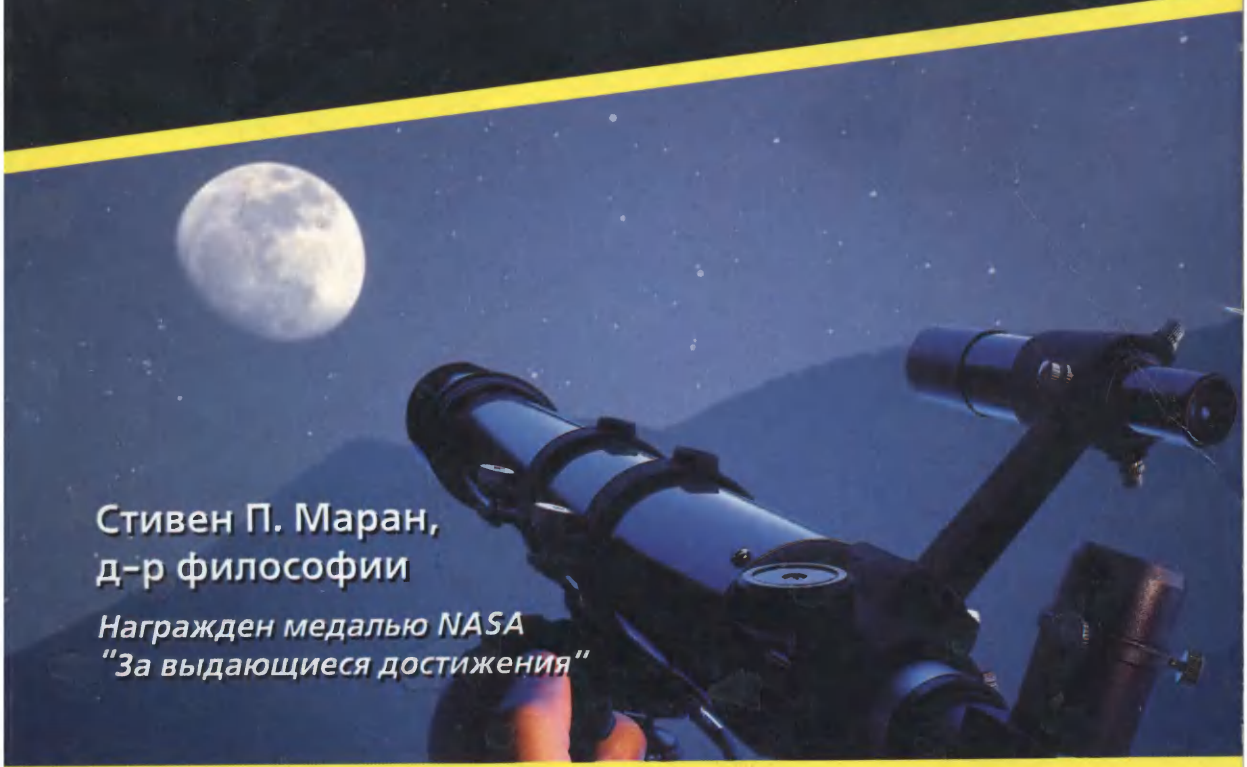
Полное руководство по исследованию Вселенной

Астрономия

для "чайников"™



Стивен П. Маран,
д-р философии

Награжден медалью NASA "За выдающиеся достижения"

Объяснение человеческим языком

ASTRONOMY FOR DUMMIES™

by Stephen P. Maran

WILEY

Wiley Publishing, Inc.

АСТРОНОМИЯ

ДЛЯ "ЧАЙНИКОВ"™

Стивен П. Маран

ДИАЛЕКТИКА

Москва ◆ Санкт-Петербург ◆ Киев

2004

ББК (В)22.6
М25
УДК 524

Компьютерное издательство "Диалектика"

Зав. редакцией *С.Н. Тригуб*

Перевод с английского и редакция канд. физ.-мат. наук *С.Г. Тригуб*

По общим вопросам обращайтесь в издательство "Диалектика" по адресу:
info@dialektika.com, http://www.dialektika.com

Маран, Стивен.

М25 Астрономия для "чайников". : Пер. с англ. — М. : Издательский дом "Вильямс", 2004. — 256 с. : ил. — Парал. тит. англ.

ISBN 5-8459-0612-1 (рус.)

В этой книге в простой и доступной форме излагаются основы астрономических знаний. Вы совершите увлекательное путешествие по Вселенной и узнаете, как определять планеты и звезды, как исследовать солнечную систему, Млечный Путь и Вселенную за его пределами, что такое Большой Взрыв, квазары, антиматерия и многое другое, как присоединиться к Программе поиска внеземного разума (SETI). Вам станет понятнее смысл современных исследований Космоса. Вы также узнаете, с чего начать при наблюдении неба и какое оборудование для этого необходимо.

Книга предназначена для широкого круга читателей.

ББК (В)22.6

Все названия программных продуктов являются зарегистрированными торговыми марками соответствующих фирм.

Никакая часть настоящего издания ни в каких целях не может быть воспроизведена 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 это нет письменного разрешения издательства JOHN WILEY&Sons, Inc.

Copyright © 2004 by Dialektika Computer Publishing.

Original English language edition copyright © 1999 by Wiley Publishing, Inc.

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.

This translation published by arrangement with Wiley Publishing, Inc.

ISBN 5-8459-0612-1 (рус.)
ISBN 0-7645-5155-8 (англ.)

© Компьютерное изд-во "Диалектика", 2004
© Wiley Publishing, Inc., 1999

Оглавление

Введение 15

ЧАСТЬ I. ОХОТА В КОСМОСЕ 19

Глава 1. Астрономия как наука и искусство 21

Глава 2. Наблюдение неба: найдите компанию 38

Глава 3. Как мы наблюдаем небо 47

Глава 4. Метеоры, кометы и искусственные спутники 60

ЧАСТЬ II. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА 75

Глава 5. Земля и ее спутник Луна 77

Глава 6. Ближайшие соседи Земли: Меркурий, Венера и Марс 93

Глава 7. Пояс астероидов и околоземные объекты 109

Глава 8. Газовые гиганты Юпитер и Сатурн 115

Глава 9. Далекие планеты Уран, Нептун и Плутон 125

ЧАСТЬ III. НАШЕ СОЛНЦЕ И ДРУГИЕ ЗВЕЗДЫ 131

Глава 10. Солнце — звезда Земли 133

Глава 11. Звезды — ядерные реакторы 153

Глава 12. Млечный Путь и другие галактики 176

Глава 13. Черные дыры и квазары 194

ЧАСТЬ IV. ЭТА УДИВИТЕЛЬНАЯ ВСЕЛЕННАЯ 203

Глава 14. SETI и планеты других солнц 205

Глава 15. Темная материя и антиматерия 214

Глава 16. Большой Взрыв и эволюция Вселенной 220

ЧАСТЬ V. ВЕЛИКОЛЕПНЫЕ ДЕСЯТКИ 227

Глава 17. Десять удивительных фактов об астрономии и космосе 229

Глава 18. Десять распространенных ошибок об астрономии и космосе 232

ЧАСТЬ IV. ПРИЛОЖЕНИЯ 235

Приложение А. Карты звездного неба 237

Приложение Б. Словарь терминов 245

Предметный указатель 247

Содержание

Введение 15

На кого рассчитана эта книга 16
Структура книги 16
Часть I. Охота в Космосе 16
Часть II. Солнечная система 16
Часть III. Наше Солнце и другие звезды 17
Часть IV. Замечательная Вселенная 17
Часть V. Великолепные десятки 17
Часть VI. Приложения 17
Пиктограммы, используемые в этой книге 17
С чего начать? 18

ЧАСТЬ I. ОХОТА В КОСМОСЕ 19

Глава 1. Астрономия как наука и искусство 21

Астрономия: наука наблюдения 21
Язык света 22
Как отличить планеты от звезд 23
Названия звезд и созвездий 24
Каталог Мессье 30
Чем меньше, тем ярче: что такое звездная величина 31
Световой год 31
Неподвижные звезды все время движутся 33
Тяготение: то, с чем надо считаться 36
Движение — это жизнь 36

Глава 2. Наблюдение неба: найдите компанию 38

Вы не одиноки! 38
Вступите в астрономический клуб 38
Астрономические ресурсы: Web-сайты, журналы и т.д. 39
Обсерватории и планетарии 40
Обсерватории 40
Планетарии 42

Глава 3. Как мы наблюдаем небо 47

Начните с наблюдений невооруженным глазом 48
Начальный курс небесного ориентирования 49
Поскольку Земля вращается... 49
Как найти Полярную звезду 50
Чтобы лучше видеть, возьмите бинокль или телескоп 52
Бинокль: идеальный прибор для "прочесывания" неба 52
Телескопы: увеличение имеет значение 54
План погружения в астрономию 58

Глава 4. Метеоры, кометы и искусственные спутники 60

Метеоры: падающие звезды 60
Спорадические метеоры, яркие метеоры и болиды 61
Метеорные потоки 63
Все о кометах 67
Структура кометы: голова и хвост 67
"Кометы века" 69
Охота за своей Великой кометой 70

Искусственные спутники: предмет любви и ненависти астрономов 72
Наблюдение искусственных спутников 72
Как найти прогнозы о наблюдении спутников 74

ЧАСТЬ II. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА 75

Глава 5. Земля и ее спутник Луна 77

Земля: что в ней особенного? 77
Сферы влияния на Земле 78
Магнитосфера 79
Расширение дна океана 80
Время и движение Земли 81
Системы измерения времени 81
Смена времен года 82
Возраст Земли 84
Луна, спутник Земли 84
Фазы Луны 85
Затмения Луны 86
Лунная "геология" 88
Гигантское столкновение. Теория происхождения Луны 90

Глава 6. Ближайшие соседи Земли: Меркурий, Венера и Марс 93

Меркурий — металлическая планета 93
Венера: не слишком приятное место для жизни и визита 94
Марс — планета загадок 95
Куда исчезла вся вода? 96
Есть ли жизнь на Марсе? 96
Современные исследования Марса: хроника последних событий 98
Наблюдение планет земной группы 100
Элонгация, противостояние и соединение 101
Верхнее и нижнее соединения 101
Венера и ее фазы 103
Марс делает петлю 104
Как превзойти Коперника при наблюдении Меркурия 107
Сравнительная планетология: почему Земля лучше всех 108

Глава 7. Пояс астероидов и околоземные объекты 109

Астероиды, или Что осталось после рождения Солнечной системы 109
Угрожают ли Земле околоземные объекты? 111
Как подтолкнуть астероид 111
Предупрежден — значит вооружен 112
Маленькие световые точки: поиск астероидов 113
Астероидные покрытия 113
Помощь в наблюдении покрытий 114

Глава 8. Газовые гиганты Юпитер и Сатурн 115

Атмосфера Юпитера и Сатурна 115
Наблюдение Юпитера 116
В поисках Большого Красного Пятна 117
Охота за Галилеевыми спутниками 118
Миссия Galileo 120
Сатурн и его фантастические кольца 121
Когда кольца не видны 121
Наблюдайте за бурями! 122
Самый большой спутник 123

Глава 9. Далекие планеты Уран, Нептун и Плутон 125
Природа Урана и Нептуна 125
Уран, его кольца и спутники 126
Нептун и его спутники 126
Далекий Плутон 127
Плутон — это планета или нет? 128
Что такое плутиносы? 128
Проблемы наблюдения далеких планет 129
Наблюдение Урана 129
Как отличить Нептун от звезды 129
Попытки увидеть Плутон 130

ЧАСТЬ III. НАШЕ СОЛНЦЕ И ДРУГИЕ ЗВЕЗДЫ 131

Глава 10. Солнце — звезда Земли 133
Не повторяйте ошибок Галилея: глядя на Солнце, защищайте зрение 133
Солнечный пейзаж 134
Размер и форма Солнца: что заставляет все эти горячие газы держаться вместе? 135
Ядро и корона Солнца 136
Солнечный ветер 137
Солнечная активность и солнечные циклы 137
Тайна солнечных нейтрино. Куда они деваются? 140
Продолжительность жизни Солнца 141
Техника безопасности при наблюдении Солнца 142
Наблюдение Солнца методом проекции 142
Как наблюдать Солнце через внешний фильтр 144
Наблюдение Солнца — это одно удовольствие 146
Наблюдение за солнечными пятнами 146
Изображения Солнца в Web 147
Наблюдение полного солнечного затмения 148

Глава 11. Звезды — ядерные реакторы 153
Жизненные циклы горячих и массивных звезд 153
YSO: первые шаги 154
Звезды главной последовательности: долгая зрелость 155
Красные гиганты 155
Звезды на завершающем этапе эволюции 156
Диаграммы звезд 160
Спектральные типы: какого цвета моя звезда? 160
Классификация светимости 162
Масса определяет класс 162
Интерпретация H–R-диаграммы 163
Двойные и кратные звезды 164
Кратные звезды 165
Эффект Допплера, или Как важно быть двойной звездой 165
Переменные звезды 167
Пульсирующие звезды 168
Вспыхивающие звезды 169
Взрывные звезды: сверхновые и катастрофические переменные 170
Затменно-двойные звезды 171
Микролинзирование 172
Наши звездные соседи 172
Как помогать ученым наблюдать звезды 174

Глава 12. Млечный Путь и другие галактики 176
Млечный Путь — наш галактический дом 176
Какая форма у Млечного Пути 177
Где находится Млечный Путь 178
Как и когда сформировался Млечный Путь 179
Звездные скопления 179
Открытые скопления 179
Шаровые скопления 181
OB-ассоциации 182
Туманности 182
Планетарная туманность 183
Остатки сверхновой 185
Туманности, которые стоит наблюдать 185
Галактики — острова во Вселенной 186
Спиральные, пересеченные спиральные и линзообразные галактики 187
Эллиптические галактики 188
Галактики неправильные, карликовые и низкой поверхностной яркости 189
Знаменитые галактики 189
Местная группа галактик 191
Скопления галактик 192
Сверхскопления, Великие Стены и космические пустоты 192
Изображения галактик в Web 193
Глава 13. Черные дыры и квазары 194
Таинственные и неодолимые черные дыры 194
Типы черных дыр 195
Что у черных дыр внутри? 195
Что находится снаружи черной дыры 197
Искривления пространства и времени 197
Определения квазаров 198
Активные галактические ядра 200
ЧАСТЬ IV. ЭТА УДИВИТЕЛЬНАЯ ВСЕЛЕННАЯ 203
Глава 14. SETI и планеты других солнц 205
Есть тут кто-нибудь? 205
SETI и уравнение Дрейка 206
Поиски внеземного разума сегодня 207
Проект Phoenix 208
Другие проекты SETI 209
Вы нужны программе SETI! 210
"Горячие юпитеры", или правда о внесолнечных планетах 211
Маленький теплый мир звезды 51 Пегаса 211
Система Ипсилон Андромеды 212
Планеты, пригодные для жизни? 213
Поиски продолжаются 213
Глава 15. Темная материя и антиматерия 214
Темная материя: то, что соединяет галактики 214
Что скрывается за недостатком массы 214
Что такое темная материя 216
В поисках темной материи 217
Следы WIMP-частиц 217

МАСНО делают изображение более светлым 217
Темную материю можно нанести на карту 218
Темная материя имеет значение 218
Антиматерия: противоположности притягиваются 218

Глава 16. Большой Взрыв и эволюция Вселенной 220

Доказательства теории Большого Взрыва 220
Раздувание Вселенной 221
Нечто из ничего: раздувание и вакуум 222
Раздувание и форма Вселенной 222
Темная энергия: расширение ускоряется? 223
Источники формирования галактик 224
Постоянная Хаббла и возраст Вселенной 225
Насколько быстро движутся галактики? 225
Непостоянная постоянная? 225
Как измеряют расстояния до галактик 226

ЧАСТЬ V. ВЕЛИКОЛЕПНЫЕ ДЕСЯТКИ 227

Глава 17. Десять удивительных фактов об астрономии и космосе 229

Хвост кометы часто летит впереди, а не тащится позади 229
Марсианские камни разбросаны по всей Земле 229
В наших волосах есть мельчайшие метеоритные пылинки 230
Возможно, вы видели Большой Взрыв на экранах старых телевизоров 230
Плутон открыли с помощью прогнозов на основе ложной теории 230
Солнечные пятна вовсе не темные 230
На Венере дождь никогда не достигает поверхности планеты 231
Океанские приливы со стороны Луны не сильнее, чем с обратной стороны Земли 231
Возможно, видимая звезда взорвалась и превратилась в сверхновую, но никто об этом не знает 231
Земля состоит из редкой и необычной материи 231

Глава 18. Десять распространенных ошибок об астрономии и космосе 232

Находись вы в поясе астероидов, астероиды так и вертелись бы вокруг вас 232
Если взорвать ядерный заряд на "астероиде-убийце", движущемся к Земле, то можно спасти планету 232
Астероиды круглые, как маленькие планеты 233
Большой Взрыв мертв 233
Метеорит, только что упавший на землю, "еще горячий" 233
Лето наступает, когда Земля находится ближе всего к Солнцу 233
"Свету этой звезды нужна тысяча световых лет, чтобы достичь Земли" 233
Когда говорят, что до некой галактики "два миллиарда световых лет", это правда 234
"Утренняя звезда" — это планета 234
Солнце — это средняя звезда 234
Телескоп "Хаббл" летит к звездам 234

ЧАСТЬ IV. ПРИЛОЖЕНИЯ 235

Приложение А. Карты звездного неба 237

Приложение Б. Словарь терминов 245

Небесные единицы измерения 246

Предметный указатель 247

Что говорят об "Астрономии для "чайников"

"Стив Маран давно пытается передать обычным людям восторг астрономических наблюдений и открытий. Если вы только начинаете свое путешествие по Космосу — или даже уже идете по этому пути, — то вам необходим этот путеводитель".

— Лейф Дж. Робинсон, главный редактор журнала *Sky & Telescope*

"Если вам всегда казалось, что астрономия выше вашего понимания, то книга *Астрономия для "чайников"* — это то, что вам нужно. В ней Стив Маран напоминает, что смотреть на небо очень интересно, но узнать кое-что о том, что вы видите, тоже очень интересно".

— Нейл де-Грассе Тайсон, астрофизик и директор Хейденского планетария, Нью-Йорк

"Наверное, вы думаете, что Космос — это безбрежное и таинственное пространство, но книга *Астрономия для "чайников"* сделает его таким же близким и понятным для вас, как собственный дом. Стив Маран — идеальный гид. Ему известен маршрут путешествия по Вселенной и он знает, как рассказать о кометах, планетах, черных дырах и Большом Взрыве такими словами, чтобы это было понятно всем. Если вас всегда интересовало, кто наши небесные соседи и что все это означает, эта книга для вас".

— Майкл Д. Лемоник, автор книг *The Light at the Edge of the Universe* и *Other Worlds*

"Один из известных астрономов, Стив Маран, написал изумительную, простую для понимания книгу о мире вокруг нас. Она интересна, понятна и оставляет чувство, что вы действительно познакомились с ночным небом. Хотел бы я, чтобы у меня была эта книга, когда я только начинал заниматься астрономией".

— Дэвид Г. Леви, научный редактор журнала *Parade*

"Доброжелательно и остроумно Стив Маран посвящает интересующихся в тайны астрономии. Профессиональный астроном, пресс-атташе Американского астрономического общества, д-р Маран знает, как выявить смысл в кратких новостях, и обладает настоящим даром представлять сложные идеи просто, но в то же время точно".

— Овен Джинджерич, Гарвардский университет

Об авторах

Стивен П. Маран, д-р философии, — ветеран космической программы с 30-летним стажем. В 1999 году он получил премию Клампке-Робертс[1] (Klumpke-Roberts Award) от Тихоокеанского астрономического общества[2] (Astronomical Society of Pacific) "За выдающиеся успехи в деле популяризации астрономии в обществе". В 1991 году д-р Маран получил медаль NASA "За выдающиеся достижения", в 1990 году читал лекции на научных конференциях в Университете штата Пенсильвания. Он также преподавал астрономию в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе и в университете Мэриленда в Колледж-Парке. Как пресс-атташе Американского астрономического общества, д-р Маран проводит брифинги для СМИ, на которых сообщает о новых астрономических открытиях людям всего мира.

Стив Маран начинал заниматься астрономией на крышах домов в Бруклине и на заброшенном поле для гольфа на окраине Бронкса. Со временем он перешел к профессиональным исследованиям с помощью телескопов в Национальной обсерватории Китт-Пик в Аризоне, в Национальной радиоастрономической обсерватории в Западной Вирджинии, в Паломарской обсерватории в Калифорнии и в Межамериканской обсерватории в Серро-Тололо в Чили, а также с помощью сверхсовременных инструментов, таких как космический телескоп "Хаббл" и международный искусственный спутник Земли Explorer для изучения астрономических объектов в ультрафиолетовых лучах (International Ultraviolet Explorer). Он наблюдал полные солнечные затмения на полуострове Гаспе и в другом месте Квебека, на полуострове Байа Калифорния в Мексике, в море у берегов Новой Каледонии и Сингапура и в восточной части Тихого океана, а также на твердой земле Соединенных Штатов Америки.

Занимаясь популяризацией астрономии, д-р Маран читал лекции о черных дырах в баре на Таити и рассказывал о затмениях Солнца в телевизионной программе *Today* канала NBC. Он также говорил о "путешествиях за затмениями и кометами" на лайнерах "Queen Elizabeth 2" и "Vistafjord" компании *Cunard* и "Faiwind" компании *Sitmar Line*. Он выступал перед самыми разными аудиториями — школьниками в Сиэтле и Атертоне, штат Калифорния, девочками-скаутами в Национальной академии инженерных наук США в Вашингтоне, округ Колумбия, подкомитетами Палаты представителей США и Комитетом ООН по мирному использованию космического пространства.

Д-р Маран — редактор книги *The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia*, а также соавтор или редактор еще восьми книг на эту тему, и, в частности, университетского учебника *New Horizons in Astronomy*, двух кратких руководств по программам исследования космоса — *A Meeting with the Universe* и *Gems of Hubble*. Он написал множество статей для журналов *Smithsonian* и *Natural History*, а также работал в Национальном географическом обществе и издательстве *Time-Life Books*.

Стивен Маран закончил среднюю школу Stuyvesant в Нью-Йорке (он учился на математическом отделении, но отделался легким испугом), а затем — Бруклинский колледж. Обе ученые степени по астрономии (M. A. и Ph. D.) он получил в университете Мичигана. Жена Стивена Марана — журналистка Салли Энн Скотт. У них трое детей.

---

[1] *Учреждена в память об астрономе Доротее Клампке-Робертс.*

[2] *Некоммерческое международное объединение, занимающееся поддержкой и популяризацией астрономии и астрофизики.*

С любовью Салли, Майклу, Энид и Элиссе

Благодарности

Прежде всего я хочу поблагодарить мою семью и друзей, которые терпели меня во время написания этой книги. Спасибо моему агенту Скипу Баркеру из компании *Wilson-Devereaux*, который подгонял меня и руководил мною при выполнении этого проекта, и Стейси Коллинз из издательства *Hungry Minds, Inc.* за веру в этот проект.

Я благодарен Рону Ковену и д-ру Сету Шостаку за их вклад в написание этой книги; Кэти Кокс и Диане Смит, которые систематизировали и отредактировали ее; их квалифицированным коллегам редакционного и производственного отделов издательства *Hungry Minds, Inc.*, которые намного улучшили внешний вид книги; д-ру Филипу Плейту, владельцу Web-сайта "Badastronomy", который заверил меня, что теперь в астрономии удалось отделить правду от мифов.

Спасибо художнику Бренту Палласу и "астрономическим" фотографам Джерри Лодригессу и д-ру Дэвиду Мэлину, которые предоставили мне великолепные фотографии, и организациям, любезно давшим мне разрешение на использование в книге многих других фотографий. Я благодарен также составителю карт звездного неба Роберту Миллеру.

О соавторах

Рон Ковен (Ron Cowen) с 1990 года работал в еженедельном журнале *Science News*. С 1991 года он освещал все астрономические темы в журнале *Science News* как журналист и редактор. Кроме того, он написал более чем 30 статей для *Washington Post* на самые разные темы, начиная от балета "Щелкунчик", столетнего юбилея Джорджа Гершвина и заканчивая изобретением фонографа. Рон Ковен также был соавтором статей для журнала *Astronomy* и газеты *USA Today*.

Д-р Сет Шостак (Seth Shostak) — научный консультант общественных программ в Институте SETI в Маунтин-Вью, штат Калифорния, где он принимает участие в поисках внеземного разума. Ученые степени он получил в Принстонском университете и Калифорнийском технологическом институте. Д-р Шостак занимался и занимается радиоастрономией, исследованием галактик, преподаванием, написанием статей, а также созданием многочисленных научно-популярных фильмов.

Ждем ваших отзывов!

Вы, уважаемый читатель, и есть главный критик и комментатор этой книги. Мы ценим ваше мнение и хотим знать, что было сделано нами правильно, что можно было сделать лучше и что еще вы хотели бы увидеть изданным нами. Нам интересно услышать и любые другие замечания, которые вам хотелось бы высказать в наш адрес.

Мы ждем ваших комментариев и надеемся на них. Вы можете прислать нам бумажное или электронное письмо, либо просто посетить наш Web-сервер и оставить свои замечания там. Одним словом, любым удобным для вас способом дайте нам знать, нравится или нет вам эта книга, а также выскажите свое мнение о том, как сделать наши книги более интересными для вас.

Посылая письмо или сообщение, не забудьте указать название книги и ее авторов, а также ваш обратный адрес. Мы внимательно ознакомимся с вашим мнением и обязательно учтем его при отборе и подготовке к изданию последующих книг. Наши координаты:

E-mail: info@dialektika.com

WWW: http://www.dialektika.com

Информация для писем:

из России: 115419, Москва, а/я 783

из Украины: 03150, Киев, а/я 152

Введение

Астрономия — это наука о космических объектах и небесных явлениях, короче говоря, исследование неба. Это изучение природы Вселенной, в которой мы живем. Астрономы проводят свои исследования, глядя в телескопы и "слушая" (если речь идет о радиотелескопах). К их услугам небольшие телескопы, огромные обсерватории и спутники, вращающиеся вокруг Земли и изучающие типы излучения (такие как ультрафиолетовое, рентгеновское, гамма-лучи), которым атмосфера преграждает путь на Землю. Телескопы запускают на ракетах для исследования верхних слоев атмосферы (это ракеты, оборудованные приборами для проведения научных наблюдений на больших высотах) и на беспилотных аэростатах. Некоторые приборы также запускают на борту космических аппаратов для исследования дальнего Космоса.

Существует профессиональная и любительская астрономия. В настоящее время в мире насчитывается примерно 13 тысяч профессиональных астрономов и сотни тысяч любителей, из которых только в США живут примерно 300 тысяч.

Профессиональные астрономы проводят исследования Солнца и Солнечной системы, галактики Млечный Путь (в которой находится наша Солнечная система) и Вселенной, лежащей за пределами нашей галактики. Они обучают студентов в университетах, проектируют спутники в лабораториях и работают в планетариях. Еще они пишут книги — такие, как та, которую вы сейчас держите в руках. Большинство из них имеют ученую степень, д-р философии. Нужно заметить, что в наши дни многие астрономы занимаются теоретической физикой, работают с автоматическими телескопами-роботами и поэтому очень далеки от непосредственного наблюдения ночного неба. Иногда они даже не знают, где искать на небе то или иное созвездие.

Астрономы-любители обычно разбираются в созвездиях. Астрономия для них — увлекательное хобби. Одни занимаются исследованиями самостоятельно, а другие объединяются в астрономические клубы и организации. В клубах обычно проводят встречи, на которых опытные специалисты дают новичкам советы по поводу используемой техники и оборудования; на заседания клубов иногда приглашают ученых, которые читают лекции, рассказывают о последних научных достижениях и показывают фотографии и слайды.

Кроме того, клубы организуют совместные наблюдения, когда все приносят с собой телескопы (или смотрят в телескопы других). Эти мероприятия проводятся регулярно (например, в каждую первую субботу месяца) или по особым случаям (возвращение крупного метеорного потока в августе каждого года или появление яркой кометы, такой как комета Хейла–Боппа или Хиякутаке). Подобные мероприятия проводятся также в связи с действительно важными событиями, такими как полное затмение Солнца. И тогда тысячи астрономов-любителей и десятки профессионалов едут в ту точку земного шара, где они могут стать свидетелями одного из величайших зрелищ природы — полного солнечного затмения.

В этой книге вы найдете все необходимое для того, чтобы заняться астрономией, присоединиться к этому увлечению сотен тысяч людей и сделать его своим хобби. Вы получите основы астрономических знаний — о Солнечной системе, нашей галактике и о Вселенной. Вам станет понятнее смысл современных исследований Космоса. Вы поймете, почему к Сатурну и его огромному спутнику Титану запущен космический зонд, зачем ученые с помощью космических аппаратов надеются собрать немного пыли из хвоста кометы и для чего заглядывает в космические дали телескоп "Хаббл". И когда в газетах или по телевидению будут сообщать о последних астрономических открытиях, сделанных с помощью космических аппаратов, больших телескопов в Аризоне, на Гавайях, в Чили и Калифорнии, или других обсерваторий, разбросанных по всему миру, вы поймете, о чем идет речь, и сможете оценить важность открытия.

На кого рассчитана эта книга

Возможно, вы читаете эту книгу, потому что хотите знать, что происходит на небе или что исследуют ученые при проведении космических программ. А может быть, вы слышали, что астрономия — это замечательное хобби и хотите понять, подойдет ли оно вам и какое оборудование необходимо.

Вы не ученый. Вы просто получаете удовольствие от наблюдения ночного неба; вас охватила жажда познания и вы хотите увидеть и понять невыразимую красоту Вселенной.

Вы хотите наблюдать звезды, но при этом вас интересует, что именно вы видите. Возможно, вы даже хотите сделать собственное открытие. Не нужно быть астрономом, чтобы обнаружить новую комету. Вы можете помочь ученым услышать сигнал от инопланетян. Какова бы ни была ваша цель, эта книга поможет вам достичь ее.

Можете читать только те части, которые хотите, в любом порядке. По мере изложения я стараюсь рассказать то, что вам нужно.

Астрономия очаровывает и пленяет. Поэтому продолжайте читать, вы на верном пути. Вы и оглянуться не успеете, как будете находить знаменитые созвездия, звезды и планеты. Соседи станут называть вас "звездочетом". Возможно, стражи порядка будут спрашивать вас, что вы делаете в парке ночью или почему вы забрались на крышу с этим большим биноклем. Скажите им, что вы — астроном, и, надеюсь, они отстанут.

Структура книги

Если вы уже заглядывали в оглавление, то знаете, что книга состоит из шести частей. Ниже приведено краткое описание того, что вы найдете в каждой из этих частей.

Часть I. Охота в Космосе

Вы наблюдаете звезды ночь за ночью (ну, не каждую ночь, конечно, но все-таки...). Вы очарованы космосом так же, как и все люди во все времена. Вы смотрите, удивляетесь и хотите узнать больше. Что это за огни в небе? Почему они выглядят и движутся именно так, а не иначе? Представляют ли какие-либо из них опасность для нас? Должны ли мы подать знак своим космическим собратьям?

Эта часть поможет вам начать поиск собственных ответов на некоторые из этих вопросов. Основой для этого послужат ответы, которые уже найдены. Тысячи астрономов-любителей собираются вместе, чтобы поддержать друг друга и поделиться своими знаниями. Астрономия — не только развлечение; она может приносить практическую пользу. К тому же вы будете получать новые знания.

В этой части я даю советы, как наблюдать небесные объекты с помощью и без помощи оптических приборов, как выбрать бинокль и телескоп и как найти наилучшее место для наблюдения. Я познакомлю вас с восхитительными гостями из космоса и помогу продолжить изучение тайн Вселенной.

Часть II. Солнечная система

Желание познакомиться с соседями вполне естественно. Соседи Земли — это планеты, спутники и планетарные осколки, движущиеся вокруг Солнца. Как у всех соседей, у них есть некоторые общие характеристики, но в то же время все они очень разные.

В этой части главный акцент делается на наблюдении планет, чтобы вы могли узнать их. Но мы попытаемся также найти ответ на важный вопрос: существует ли жизнь где-нибудь, помимо Земли? Увы, пока мы не можем ответить на этот вопрос. Но ученые продолжают искать. И кто знает, может быть, однажды кто-то найдет правильный ответ.

Часть III. Наше Солнце и другие звезды

Хотите узнать о далеких галактиках? В этой части мы начнем с Солнца и других звезд, а затем познакомимся с красными гигантами и белыми карликами, заглянем к далеким галактикам и экзотическим небесным объектам и закончим черными дырами.

Но как говорил великий астроном и романтик Карл Саган, мы все сделаны из звездного вещества. Поэтому знание о звездах и их разнообразии позволит нам укрепить связь со всей Вселенной.

В этой части говорится о самых ярких небесных объектах, наблюдая за которыми, можно получить море удовольствия. Мы рассмотрим также этапы жизненного цикла звезд, так что вы сможете оценить эти источники энергии Вселенной, которые вызывают к себе неослабевающий интерес.

Часть IV. Замечательная Вселенная

Читайте эту часть, когда вам надоест повседневность, захочется отвлечься и вдохновиться идеями, будоражащими ум и подстегивающими воображение. Потягивая сок через соломинку, почитайте про SETI, т.е. программу поиска внеземного разума. И в самом деле, есть ли у ученых какие-либо доказательства того, что эти маленькие зеленые человечки где-то рядом с нами? Почитайте про темную материю и антиматерию (да-да, антиматерия существует в реальном мире, а не только в научно-фантастических книгах). А потом охватите мысленным взором всю Вселенную и поразмышляйте о том, как она родилась, какая она сейчас и что с ней будет дальше.

Часть V. Великолепные десятки

Случалось ли вам когда-нибудь на вечеринке в отчаянии думать: что бы такого необычного и интересного сказать? Вы напрягали свой мозг в поисках умных мыслей, чтобы завладеть вниманием аудитории и заставить всех поверить в ваши выдающиеся интеллектуальные способности. Что ж, прочитав эту часть, вы будете готовы при следующем удобном случае вставить пару умных фраз и блеснуть эрудицией. Я предлагаю вам десять удивительных фактов о космосе, которые гарантируют вам всеобщий интерес и внимание. А затем я познакомлю вас с десятью основными ошибками, которые человечество в целом и средства массовой информации в частности делали и продолжают делать, когда рассуждают на темы астрономии.

Часть VI. Приложения

Здесь приведена информация, полезная для наблюдения неба в последующие годы. Здесь помещены карты звездного неба, которые помогут вам сориентироваться и найти нужные созвездия и звезды. Приведен также словарь астрономических терминов.

Пиктограммы, используемые в этой книге

По всей книге используются маленькие симпатичные пиктограммы, которые обращают ваше внимание на особенно важную и интересную информацию. Что же означают эти символы?

Эта мишень указывает на полезную информацию, которая пригодится вам при наблюдении неба.

Наблюдение — ключ к астрономии, и, надеюсь, мои советы помогут вам стать профессионалом в этом деле.

Иногда нужно сказать что-то, чтобы произвести впечатление на друзей. Этот человечек в скафандре подскажет, что нужно говорить.

Сколько неприятностей вас ожидает, когда вы просто наблюдаете звезды? Не так много, если соблюдать осторожность. Но есть моменты, когда лишняя осторожность не помешает. Эта бомба показывает: нужно быть внимательным, чтобы "не погореть".

Не позволяйте ввести себя в заблуждение. Эта пиктограмма предупреждает о том, что на самом деле скрывается за официальными сообщениями и предположениями, касающимися астрономии.

Этот чудаковатый парень появляется там, где излагается материал, который вряд ли вам понадобится, если вы хотите просто знать основы и наблюдать небо в свое удовольствие. Конечно, неплохо было бы иметь фундаментальные научные знания. Но множество людей с успехом созерцают звезды и получают от этого море удовольствия, почти ничего не зная о физике сверхновых, математике поиска галактик и о том, что такое темная энергия. Так что вам решать, углубляться в науку или нет.

Во Всемирной информационной сети много ресурсов посвящено астрономии и космосу. Путешествуя по этим сайтам, вы будете в курсе современных дел в астрономии. К сожалению, адреса Web-сайтов часто меняются. В книге приведены адреса, действительные на момент публикации книги. Не удивляйтесь, если некоторые из них со временем изменятся.

Некоторые астрономические методы и приборы представляются более эффективными и удобными. Мои самые любимые из них отмечены этой пиктограммой.

С чего начать?

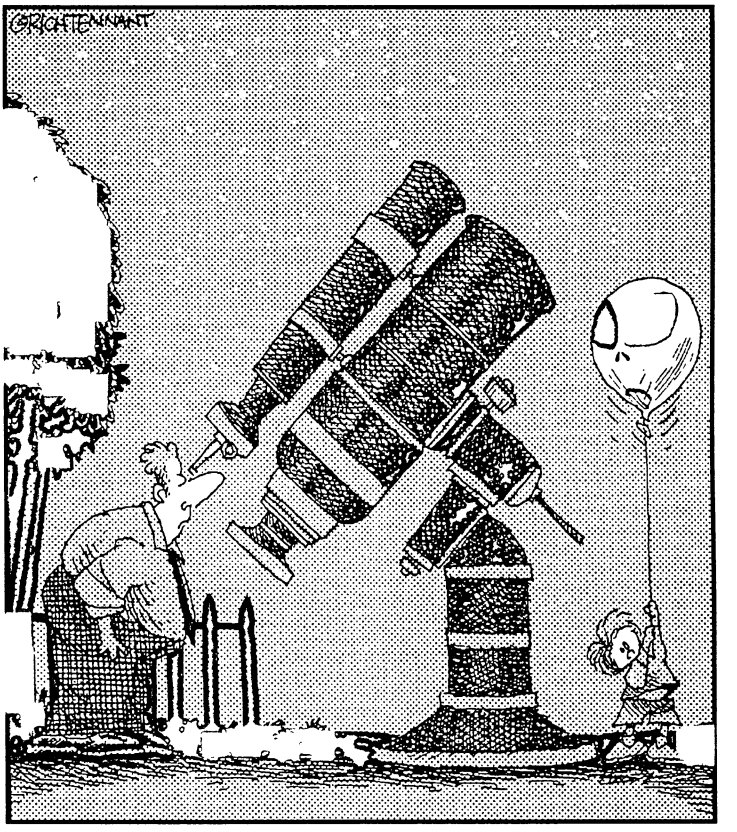
Можете начать, с чего хотите. Вас волнует судьба Вселенной? Начните с Большого Взрыва.

Но, скорее всего, когда вы будете все больше и больше увлекаться астрономией, захочется узнать больше, и тут вам поможет данная книга.

С чего бы вы ни начали, я надеюсь, что вы продолжите свои космические исследования и будете так же очарованы и околдованы звездным небом, как и все люди во все времена.

Часть I

Охота в Космосе



В этой части...

Люди всегда восхищались небесными объектами. На протяжении всей истории интерес к астрономии носил как чисто практический, так и религиозный характер. Мореплаватели ориентировались по звездам, а землепашцы сеяли семена в соответствии с фазами Луны. Люди строили религиозные сооружения и святилища (например, Стоунхендж) и создавали ритуалы, которые проводили в ознаменование определенных астрономических событий. И их всегда интересовало, что представляют собой небесные объекты.

Вы тоже можете поддержать эту великую традицию человечества. В части I я расскажу вам о науке астрономии и посоветую, как лучше наблюдать за планетами, кометами, метеорами и другими явлениями на ночном небе.

Глава 1

Астрономия как наука и искусство

В этой главе...

- Предмет астрономии
- Что такое световые годы
- Что такое тяготение

Ясной, безоблачной ночью выйдите из дома и посмотрите на небо. Если вы живете в городе или пригороде, то увидите десятки, а может быть, сотни мерцающих звезд. Вы можете также увидеть Луну и не больше пяти из девяти планет, обращающихся вокруг Солнца.

Если вы увидите в небе "падающую звезду" — знайте, что это метеор, небольшая частица пыли, пролетевшая сквозь верхние слои атмосферы.

А вот светящаяся точка, гораздо более медленно и равномерно движущаяся по небу. Что это — искусственный спутник, такой как телескоп "Хаббл" или просто авиалайнер, летящий очень высоко в небе? Если у вас есть бинокль, то с его помощью легко заметить разницу. У авиалайнера должны быть бортовые огни и, кроме того, можно различить его форму.

Если же вы окажетесь на природе — на морском берегу подальше от отелей или в горах, вдали от залитых светом горнолыжных склонов, — то увидите уже не сотни, а тысячи звезд. И еще Млечный Путь — словно усыпанную жемчугом дорогу, протянувшуюся по небу. На самом деле мы видим сияние миллионов неярких звезд, которые по отдельности не смогли бы различить невооруженным глазом. А если бы вы оказались в таком, действительно великолепном, месте для наблюдения, как Серро-Тололо в чилийских Андах (здесь находится одна из крупнейших обсерваторий Южного полушария), то увидели бы еще больше звезд. Причем на черном, как смоль, небе, они показались бы вам яркими, отчетливыми и даже не мерцающими, совсем как на картине Ван Гога "Звездная ночь".

Глядя на небо, вы на самом деле занимаетесь астрономией, потому что наблюдаете окружающую нас Вселенную и пытаетесь понять то, что видите.

Астрономия: наука наблюдения

Астрономия — это исследование неба, наука о космических объектах и о событиях, происходящих во Вселенной. Это изучение природы Вселенной, в которой мы живем. Астрономы проводят свои исследования, глядя в телескопы и "слушая" (если речь идет о радиотелескопах). К их услугам небольшие телескопы, огромные обсерватории и спутники, вращающиеся вокруг Земли и изучающие типы излучения (такие как ультрафиолетовое, рентгеновское, гамма-лучи), которым атмосфера преграждает путь на землю. Телескопы запускают на ракетах для исследования верхних слоев атмосферы (это ракеты, оборудованные приборами для проведения научных наблюдений на больших высотах) и на беспилотных аэростатах. Некоторые приборы также запускают на борту космических аппаратов для исследования дальнего космоса.

Профессиональные астрономы проводят исследования Солнца и Солнечной системы, галактики Млечный Путь (в которой находится наша Солнечная система) и Вселенной, лежащей за пределами нашей галактики. Они обучают студентов в университетах, проектируют спутники в лабораториях и работают в планетариях. Еще они пишут книги — такие, как та, которую вы сейчас держите в руках. Большинство из них имеют научное звание. Нужно заметить, что в наши дни многие астрономы занимаются теоретической физикой, работают с автоматическими телескопами-роботами и поэтому очень далеки от непосредственного наблюдения ночного неба. Они могут даже не знать, где искать на небе то или иное *созвездие* (группа звезд, которой присвоено название, например, Большая Медведица), что для многих людей становится "посвящением" в астрономию. (Вы наверняка видели Большой ковш — *астеризм* (asterism) в созвездии Большой Медведицы. Астеризм — это конфигурация звезд, которой присвоили некоторое имя, и которая не является ни одним из 88 известных созвездий.) На рис. 1.1 показана фотография Большого ковша на ночном небе.

Рис. 1.1. Фотография Большого ковша

В настоящее время в мире насчитывается примерно 13 тысяч профессиональных астрономов и сотни тысяч любителей, из которых только в США живут свыше 300 тысяч. Многие астрономы-любители также вносят важный вклад в научные исследования.

Астрономы-любители обычно разбираются в созвездиях. Они изучают их в качестве ориентиров, чтобы исследовать ночное небо невооруженным глазом, а также с помощью бинокля или телескопа.

В течение многих тысячелетий люди получали знания о космосе, просто наблюдая небо. Поэтому с самого начала стоит понять следующее: астрономия занимается объектами, которые:

- ✓ можно изучить, исследуя свет, который доходит до нас от космических объектов;
- ✓ видимы на расстоянии;
- ✓ движутся через космическое пространство под влиянием тяготения.

В этой главе вы познакомитесь с такими понятиями, как свет, расстояние и тяготение.

Язык света

Свет дает нам информацию о планетах, спутниках и кометах нашей Солнечной системы; о звездах, звездных скоплениях и туманностях нашей галактики; об объектах, находящихся за пределами нашей галактики.

А это не предмет астрономии

Астрономия — это не астрология! Астронома ужасно раздражает, когда его наивно называют "астрологом". По мнению астрономов, когда Юпитер оказывается на одной линии с Марсом, это великолепное зрелище для наблюдателей, а не хорошее либо дурное предзнаменование.

Астрономы — не уфологи; они не занимаются поиском неопознанных летающих объектов (НЛО, или UFO). *Обычно* они могут определить, что именно видят. Нужно сказать, что и астрономы, и уфологи смотрят в небо. И те, и другие видят звезды и планеты. Но, как ни странно, только уфологи всерьез воспринимают истории о непосредственных наблюдениях инопланетных существ или их летательных аппаратов.

Программа SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence — Поиск внеземного разума) — совсем другое дело. Здесь исследования ведут астрономы. Они используют чувствительные радиотелескопы, ищут любые намеки на сигналы из космоса, которые могут быть переданы с планет из звездных систем, находящихся за пределами нашей Солнечной системы. Недавно ученые начали искать сообщения, которые могут приходить в виде вспышек света, исходящего от мощных лазеров. Исследователи предполагают, что такими лазерами могут располагать цивилизации, гораздо более развитые, чем наша.

Пока астрономы не получили никаких посланий от инопланетян, но они продолжают слушать и искать. Все, что астрономы узнали о планетах и звездах, заставляет большинство из нас верить, что где-то в глубинах космоса есть и другие обитаемые планеты. Многие астрономы согласны с высказыванием, которое так любил повторять покойный Карл Саган[1]: "Мы не одиноки во Вселенной".

В древние времена люди не думали о физике и химии звезд; они запоминали и передавали следующим поколениям легенды и мифы: о Большой Медведице, Звезде Дьявола, о Лунном человеке, о драконе, пожирающем Солнце во время солнечного затмения, и т.д. Эти сказания были разными у разных народов, но многие люди научились распознавать конфигурации звезд. В Полинезии опытные местные мореплаватели проходили в открытом море на гребных судах сотни миль без компаса и каких-либо береговых ориентиров в поле зрения. Они плавали, ориентируясь по звездам и Солнцу и используя свои знания преобладающих ветров и течений.

Наблюдая за светом, исходящим от звезды, даже древние люди отмечали ее яркость, положение на небе и цвет. Эта информация помогала людям отличать один небесный объект от другого и узнавать уже знакомые им объекты. Вот самое простое, что вы должны уметь, наблюдая звездное небо:

- ✓ отличать звезды от планет;
- ✓ определять названия созвездий и звезд;
- ✓ определять блеск (соответствующий звездной величине);
- ✓ определять положение небесного объекта в небе (с помощью специальных единиц измерения);
- ✓ узнавать метеоры и кометы.

Как отличить планеты от звезд

Слово "планета" произошло от древнегреческого слова *planetes*, буквально "странник". Древние греки, как и почти все остальные древние народы, заметили, что пять светящихся точек перемещаются на фоне остальных звезд на небе. Причем одни постоянно движутся вперед, а другие время от времени делают петлю и движутся назад по своему собственному пути. И никто не знал — почему. Эти светящиеся точки обычно не мерцали, как остальные звезды. И данному различию также не было никакого разумного объяснения. У каждого народа были свои названия для этих пяти светящихся точек или планет. А сегодня мы называем

[1] *Один из самых известных астрономов в мире и активный поборник идеи поисков внеземной жизни.* — Прим. ред.

их Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. И почти все уже знают, что они не блуждают среди звезд, а вращаются вокруг Солнца — звезды, находящейся в центре нашей системы.

Сегодня мы знаем, что планеты — это объекты, которые больше или меньше Земли, но что все они гораздо меньше Солнца. Они намного ближе к Земле, чем к звездам (отличным от Солнца), поэтому, по крайней мере в телескоп, они видны в форме дисков. Это значит, что планеты имеют круглую форму и различимый размер. А звезды находятся так далеко от Земли, что даже в мощный телескоп кажутся всего лишь светящимися точками.

От мифологии к науке

После средневековья на смену мифам пришли научные объяснения небесным явлениям. На смену, например, древнеегипетскому мифу о том, что Землю и Луну несет по небу на своей спине богиня Нут, пришло понимание того, что Земля вращается вокруг Солнца, а Луна — вокруг Земли.

Исаак Ньютон создал теорию тяготения, и люди начали понимать, *что* удерживает небесные объекты на их орбитах и почему у планет, находящихся дальше от Солнца, периоды обращения вокруг него больше, чем у планет, находящихся ближе к нему.

Затем появились спектрографы и другие приборы. С помощью этих устройств астрономы определяют температуру звезд, какие вещества входят в их состав, насколько быстро они приближаются к Земле либо удаляются от нее, а также другие основные физические характеристики. Если у космических тел есть магнитные поля, их можно измерить на расстоянии. Можно оценить также силу тяжести на поверхности звезды, плотность ее газа и многое другое. (Слово *газ* здесь обозначает вещество в газообразном состоянии, а не конкретный газ. Например, железо на звезде — это тоже газ.)

Но, наверное, труднее всего получить сведения о расстоянии до звезд и других объектов, находящихся за пределами нашей Солнечной системы. Одни звезды кажутся яркими, но в действительности это звезды среднего размера, которые просто находятся недалеко ("недалеко" — это значит на расстоянии четырех световых лет или чуть больше, но никак не сотен световых лет; определение *светового года* приведено в разделе "Световой год" в этой главе). А другие звезды настолько тусклые, что увидеть их можно только в обсерватории в мощный телескоп, хотя, в сущности, они совсем рядом (какой-нибудь десяток-другой световых лет, не больше).

Названия звезд и созвездий

Посетителям лекций в планетарии, которые вытягивали свои шеи, чтобы увидеть звезды, проектируемые над их головами, я привык повторять: "Если вы не видите над головой Большую Медведицу, не волнуйтесь. Волноваться следует, скорее, тем, кто ее *видит*".

Древние люди делили небо на воображаемые фигуры, например Большая Медведица (Ursa Major)[2], Лебедь (Cygnus), Персей (Perseus) и Андромеда (Andromeda). Каждая фигура соответствовала некоторой конфигурации звезд. Хотя, честно говоря, большинству людей Андромеда совсем не напоминает силуэт прикованной девушки или что-либо другое в этом роде (рис. 1.2).

Сегодня небо делят на 88 созвездий, в которые входят все видимые звезды. Международный астрономический союз (International Astronomical Union), высший руководящий орган в астрономии, определяет границы созвездий, чтобы существовало четкое разделение, к какому созвездию относится каждая звезда. Раньше карты неба рисовали разные астрономы, которые не придерживались единых стандартов. Но так быть не должно. Когда вы читаете, что туманность Тарантул (Tarantula) находится в созвездии Золотая Рыба (Dorado) (подробности — в главе 12), то знаете, что искать ее надо в созвездии Золотая Рыба, расположенном в Южном полушарии.

Самое большое созвездие — это Гидра (Hydra), а самое маленькое — Южный Крест (Crux). На самом деле есть и Северный Крест, но вы не найдете его в списке созвездий, потому что это астеризм в созвездии Лебедя. По поводу названий созвездий существует общая договоренность,

[2] *В скобках приведены латинские названия созвездий.* — Прим. перев.

но по поводу того, что означает каждое название, согласия нет. Например, некоторые астрономы называют созвездие Золотая Рыба "Рыба-меч", но я за то, чтобы отвергнуть это название. А созвездие Змеи (Serpens) разделено на две несвязанные части, расположенные по обеим сторонам созвездия Змееносца (Ophiuchus), — Голова Змеи (Serpens Caput) и Хвост Змеи (Serpens Cauda).

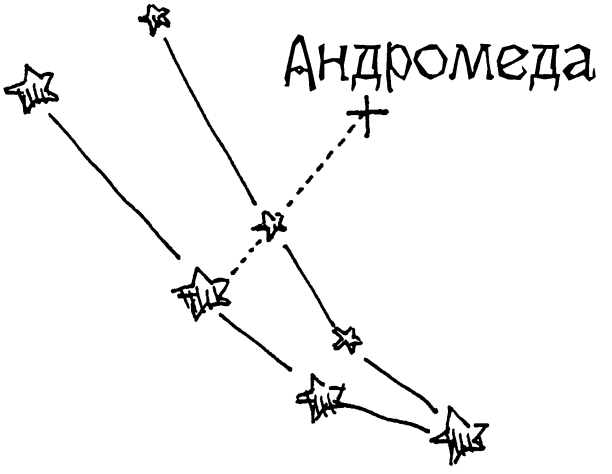


Рис. 1.2. Разве Андромеда прикована?

Отдельные звезды в созвездии обычно никак не связаны между собой, просто с Земли они кажутся расположенными поблизости. Одни звезды могут находиться сравнительно недалеко от Земли, а другие — на гораздо бо́льших расстояниях. Но для наблюдателя с Земли они складываются в определенный рисунок.

Как правило, всем ярким звездам в созвездии древние греки либо астрономы более поздних времен присвоили какую-нибудь греческую букву. Самую яркую звезду любого созвездия обычно называют "альфа" (первая буква греческого алфавита). Вторую по яркости звезду называют "бета" (вторая буква греческого алфавита), и т.д. до "омеги", двадцать четвертой (и последней) буквы. Кстати, все эти греческие буквы — строчные, а не прописные, и пишутся они так: α, β, …, ω.

Поэтому Сириус, самая яркая звезда на ночном небе — которая находится в созвездии Большого Пса (Canis Major) — называется Альфа Большого Пса (Alpha Canis Majoris). (Астрономы добавляют в названиях окончания, чтобы получить латинский родительный падеж. Что поделаешь, ученые всегда любили латынь.) В табл. 1.1 приведен список букв греческого алфавита по порядку — названия букв и соответствующие им символы.

Таблица 1.1. Греческий алфавит

Буква	Название
α	Альфа
β	Бета
γ	Гамма
δ	Дельта
ε	Эпсилон
ζ	Дзета
η	Эта

Буква	Название
θ	Тэта
ι	Йота
κ	Каппа
λ	Лямбда
μ	Мю
ν	Ню
ξ	Кси
ο	Омикрон
π	Пи
ρ	Ро
σ	Сигма
τ	Тау
υ	Ипсилон
φ	Фи
χ	Хи
ψ	Пси
ω	Омега

Но если сегодня посмотреть на созвездия, то станет ясно, что далеко не всегда порядок яркости звезд точно соответствует греческим буквам, обозначенным на звездной карте. Эти исключения вызваны следующим.

- ✓ Буквы присваивались на основании наблюдений невооруженным глазом, которые не очень точны.
- ✓ Со временем авторы звездных атласов меняли границы созвездий, поэтому некоторые звезды переместились в другие созвездия, хотя звездам уже присвоили определенные буквы.
- ✓ Многие мелкие созвездия и созвездия Южного полушария были нанесены на карты не во времена Древней Греции, а намного позже, поэтому прежние правила не всегда соблюдались.
- ✓ Через многие столетия после древних греков яркость некоторых звезд изменилась.

В качестве примера можно привести созвездие Лисички (Vulpecula), в котором только одной звезде присвоена греческая буква (альфа).

У астрономов нет специальных названий, таких как Сириус, для каждой звезды созвездия Большого Пса, поэтому они просто называют их греческими буквами или другими символами. На самом деле существуют созвездия, в которых нет ни одной поименованной звезды. (Не "покупайтесь" на рекламу, в которой предлагают дать имя звезде за определенную сумму денег. Международный астрономический союз не признает "купленных" звездных названий.) В других созвездиях звездам присваивали греческие буквы, но оказалось, что в них больше 24 легкоразличимых звезд,

и греческих букв не хватило. Поэтому многим звездам астрономы присвоили цифры и буквы латинского алфавита: например 236 Лебедя (236 Cygni), b Лисички (b Vulpeculae), HR 1516 и т.д. Есть даже звезды, которые называются RU Lupi и SX Sex (честное слово, я это вовсе не выдумал). Но как и любые другие звезды, их можно определить не по названиям, а по положению на небе (указанному в астрономических таблицах), блеску, цвету и другим характеристикам.

Если вы заглянете в звездный атлас, то увидите, что отдельные звезды в созвездии не отмечены как α Canis Majoris, β Canis Majoris и т.д. Обычно область всего созвездия обозначена как "Canis Major", а отдельные звезды — просто как α, β и т.д. Когда в каком-нибудь астрономическом журнале вы читаете про звезду, которая предлагается в списке объектов для наблюдения, то, скорее всего, она не будет упомянута ни как Alpha Canis Majoris, ни даже как α Canis Majoris. Вместо этого для экономии места она будет обозначена как α Cma; "Cma" — это сокращение Canis Majoris. Сокращенные обозначения созвездий приведены в табл. 1.2.

Поскольку альфа — не всегда самая яркая звезда в созвездии, для описания "высокого" статуса самой яркой звезды нужен другой термин. Этот термин — *люцида* (lucida). Люцида Большого Пса — Сириус (в данном случае α Большого Пса), но люцида Ориона (Orion) — Ригель (β Ориона) и люцида Малого Льва (Leo Minor) (не очень заметного созвездия) — просто 46 Малого Льва (46 Leo Minoris).

В табл. 1.2 перечислены 88 созвездий, их самые яркие звезды и звездные величины последних. *Звездная величина* (magnitude) — это мера яркости звезды. (О звездных величинах мы поговорим немного позже в разделе "Чем меньше, тем ярче: что такое звездная величина".) Если люцида созвездия совпадает с его альфой и у нее есть название, я просто привожу его. Например, самая яркая звезда созвездия Возничего — Капелла, она же α Возничего. Но если люцида не совпадает с альфой, я указываю соответствующую ей греческую букву либо другое обозначение в скобках. Например, люцида Рака — Аль-Тарф (β Рака).

Таблица 1.2. Созвездия и их самые яркие звезды

№	Латинское название	Сокращение	Русское название	Самая яркая звезда	Звездная величина
1.	Andromeda	And	Андромеда	Альферац (Alpheratz)	2,1
2.	Antlia	Ant	Насос	α Насоса (Alpha Antliae)	4,3
3.	Apus	Aps	Райская Птица	α Райской Птицы (Alpha Apodis)	3,8
4.	Aquarius	Aqr	Водолей	Садамелик (Sadamelik)	3,0
5.	Aquila	Aql	Орел	Альтаир (Altair)	0,8
6.	Ara	Ara	Жертвенник	β Жертвенника (Beta Arae)	2,9
7.	Aries	Ari	Овен	Гамаль (Hamal)	2,0
8.	Auriga	Aur	Возничий	Капелла (Capella)	0,1
9.	Bootes	Boo	Волопас	Арктур (Arcturus)	−0,04
10.	Caelum	Cae	Резец	α Резца (Alpha Caeli)	4,5
11.	Camelopardalis	Cam	Жираф	β Жирафа (Beta Camelopardalis)	4,0
12.	Cancer	Cnc	Рак	Аль-Тарф (Al Tarf), β Рака (Beta Cancri)	3,5
13.	Canes Venatici	CVn	Гончие Псы	Сердце Карла (Cor Caroli)	2,8
14.	Canis Major	CMa	Большой Пес	Сириус (Sirius)	−1,5

Продолжение табл. 1.2

№	Латинское название	Сокращение	Русское название	Самая яркая звезда	Звездная величина
15.	Canis Minor	CMi	Малый Пес	Процион (Procyon)	0,4
16.	Capricornus	Cap	Козерог	Денеб Альгьеди (Deneb Algedi), δ Козерога (Delta Capricorni)	2,9
17.	Carina	Car	Киль	Канопус (Canopus)	−0,7
18.	Cassiopeia	Cas	Кассиопея	Шедар (Schedar)	2,2
19.	Centaurus	Cen	Центавр	Ригель Центавра (Rigil Kentaurus)	−0,3
20.	Cepheus	Cep	Цефей	Альдерамин (Alderamin)	2,4
21.	Cetus	Cet	Кит	Денеб Каитос (Deneb Kaitos), β Кита (Beta Ceti)	2,0
22.	Chamaeleon	Cha	Хамелеон	α Хамелеона (Alpha Chamaeleontis)	4,1
23.	Circinus	Cir	Циркуль	α Циркуля (Alpha Circini)	3,2
24.	Columba	Col	Голубь	Факт (Phakt)	2,6
25.	Coma Berenices	Com	Волосы Вероники	β Волос Вероники (Beta Comae Berenices)	4,3
26.	Corona Australis	CrA	Южная Корона	α Южной Короны (Alpha Coronae Australis)	4,1
27.	Corona Borealis	CrB	Северная Корона	Альфекка (Alphekka), или Гемма	2,2
28.	Corvus	Crv	Ворон	Гиена (Gienah), γ Ворона (Gamma Corvi)	2,6
29.	Crater	Crt	Чаша	δ Чаши (Delta Crateris)	3,6
30.	Crux	Cru	Южный Крест	Акрукс (Acrux)	0,7
31.	Cygnus	Cyg	Лебедь	Денеб (Deneb)	1,3
32.	Delphinus	Del	Дельфин	Ротанев (Rotanev), β Дельфина (Beta Delphini)	3,6
33.	Dorado	Dor	Золотая Рыба	α Золотой Рыбы (Alpha Dorado)	3,3
34.	Draco	Dra	Дракон	Тубан (Thuban)	3,7
35.	Equuleus	Equ	Малый Конь	Китальфа (Kitalpha)	3,9
36.	Eridanus	Eri	Эридан	Ахернар (Achernar)	0,5
37.	Fornax	For	Печь	α Печи (Alpha Fornacis)	3,9
38.	Gemini	Gem	Близнецы	Поллукс (Pollux), β Близнецов (Beta Geminorum)	1,1
39.	Grus	Gru	Журавль	Альнаир (Alnair)	1,7
40.	Hercules	Her	Геркулес	Рас-Алгети (Ras Algethi)	2,6
41.	Horologium	Hor	Часы	α Часов (Alpha Horologii)	3,9
42.	Hydra	Hya	Гидра	Альфард (Alphard)	2,0
43.	Hydrus	Hyi	Южная Гидра (Южный Змей)	β Южной Гидры (Beta Hydri)	2,8

Продолжение табл. 1.2

№	Латинское название	Сокращение	Русское название	Самая яркая звезда	Звездная величина
44.	Indus	Ind	Индеец	α Индейца (Alpha Indi)	3,1
45.	Lacerta	Lac	Ящерица	α Ящерицы (Alpha Lacertae)	3,8
46.	Leo	Leo	Лев	Регул (Regulus)	1,4
47.	Leo Minor	LMi	Малый Лев	Преципуа (Praecipua), 46 Малого Льва (46 Leo Minoris)	3,8
48.	Lepus	Lep	Заяц	Арнеб (Arneb)	2,6
49.	Libra	Lib	Весы	Цубене-скамали (Zubeneschemali), β Весов (Beta Librae)	2,6
50.	Lupus	Lup	Волк	α Волка (Alpha Lupus)	2,3
51.	Lynx	Lyn	Рысь	α Рыси (Alpha Lyncis)	3,1
52.	Lyra	Lyr	Лира	Вега (Vega)	0,0
53.	Mensa	Men	Столовая Гора	α Столовой Горы (Alpha Mensae)	5,1
54.	Microscopium	Mic	Микроскоп	γ Микроскопа (Gamma Microscopii)	4,7
55.	Monoceros	Mon	Единорог	β Единорога (Beta Monocerotis)	3,7
56.	Musca	Mus	Муха	α Мухи (Alpha Muscae)	2,7
57.	Norma	Nor	Наугольник	γ Наугольника (Gamma Normae)	4,0
58.	Octans	Oct	Октант	ν Октанта (Nu Octantis)	3,8
59.	Ophiuchus	Oph	Змееносец	Рас-Альхаг (Rasalhague)	2,1
60.	Orion	Ori	Орион	Ригель (Rigel), β Ориона (Beta Orionis)	0,1
61.	Pavo	Pav	Павлин	α Павлина (Alpha Pavonis)	1,9
62.	Pegasus	Peg	Пегас	Эниф (Enif), ε Пегаса (Epsilon Pegasi)	2,4
63.	Perseus	Per	Персей	Мирфак (Mirphak)	1,8
64.	Phoenix	Phe	Феникс	Анкаа (Ankaa)	2,4
65.	Pictor	Pic	Живописец	α Живописца (Alpha Pictoris)	3,2
66.	Pisces	Psc	Рыбы	η Рыб (Eta Piscium)	3,6
67.	Piscis Austrinus	PsA	Южная Рыба	Фомальгаут (Fomalhaut)	1,2
68.	Puppis	Pup	Корма	ζ Кормы (Zeta Puppis)	2,3
69.	Pyxis	Pyx	Компас	α Компаса (Alpha Pyxidus)	3,7
70.	Reticulum	Ret	Сетка	α Сетки (Alpha Reticuli)	3,4
71.	Sagitta	Sge	Стрела	γ Стрелы (Gamma Sagittae)	3,5
72.	Sagittarius	Sgr	Стрелец	Каус Аустралис (Kaus Australis), ε Стрельца (Epsilon Sagittarii)	1,9
73.	Scorpius	Sco	Скорпион	Антарес (Antares)	1,0
74.	Sculptor	Scl	Скульптор	α Скульптора (Alpha Sculptoris)	4,3
75.	Scutum	Sct	Щит	α Щита (Alpha Scuti)	3,9

№	Латинское название	Сокращение	Русское название	Самая яркая звезда	Звездная величина
76.	Serpens	Ser	Змея	Унукалхай (Unukalhai)	2,7
77.	Sextans	Sex	Секстант	α Секстанта (Alpha Sextantis)	4,5
78.	Taurus	Tau	Телец	Альдебаран (Aldebaran)	0,9
79.	Telescopium	Tel	Телескоп	α Телескопа (Alpha Telescopium)	3,5
80.	Triangulum	Tri	Треугольник	β Треугольника (Beta Trianguli)	3,0
81.	Triangulum Australe	TrA	Южный Треугольник	α Южного Треугольника (Alpha Trianguli Australis)	1,9
82.	Tucana	Tuc	Тукан	α Тукана (Alpha Tucanae)	2,9
83.	Ursa Major	Uma	Большая Медведица	Алиот (Alioth), ε Большой Медведицы (Epsilon Ursa Majoris)	1,8
84.	Ursa Minor	Umi	Малая Медведица	Полярная звезда (Polaris)	2,0
85.	Vela	Vel	Паруса	Сухайль аль Мулиф (Suhail al Muhlif), (γ Парусов)	1,7
86.	Virgo	Vir	Дева	Спика (Spica)	1,0
87.	Volans	Vol	Летучая Рыба	γ Летучей Рыбы (Gamma Volantis)	3,6
88.	Vulpecula	Vul	Лисичка	Ансер (Anser)	4,4

Определить звезды было бы намного проще, будь у них, как у делегатов конференций, маленькие бэйджики с именами, которые можно рассмотреть в телескоп.

Каталог Мессье

Надеюсь, с названиями звезд вам все ясно. А как насчет всех остальных небесных объектов? (О галактиках, туманностях, звездных скоплениях и прочем подробно говорится в части III.) Шарль Мессье (Charles Messier), французский астроном, живший в конце XVIII века, составил список примерно 100 космических объектов и пронумеровал их. Этот список получил название *Каталог Мессье* (Messier Catalog). В этом каталоге объекты обозначаются буквой M, а затем следует номер по каталогу. Поэтому, когда вы услышите, что галактику Андромеды (или туманность Андромеды) называют M31, то будете знать, что это ее обозначение в каталоге Мессье. Сегодня в стандартном *Каталоге Мессье* насчитывается 110 объектов.

Фотографии объектов из каталога Мессье можно найти, например, на сайте `http://www.ipac.caltech.edu/2mass/gallery/messiercat.html`.

Опытные астрономы-любители часто участвуют в так называемых Мессье-марафонах, когда каждый участник пытается увидеть все объекты из каталога Мессье в течение одной ночи. Но у участников марафона нет времени на то, чтобы полюбоваться какой-нибудь туманностью, звездным скоплением или галактикой. А я считаю, что лучше не спешить и наслаждаться своеобразной красотой и очарованием этих космических объектов. Об объектах Мессье есть замечательная книга Stephen J. O'Meara, *The Messier Objects* (Cambridge University Press and Sky Publishing Corporation, 1998), в которой даются советы, как наблюдать каждый из этих объектов.

Существуют тысячи других *объектов дальнего космоса* (deep sky objects). Этот термин астрономы-любители используют для обозначения звездных скоплений, туманностей и галактик, чтобы отличать их от звезд и планет. Многие из них вы найдете в звездных атласах и картах под их номерами NGC (*New General Catalogue — Новый общий каталог*) и IC (*Index Catalogue — Индексный каталог*). Например, двойное звездное скопление в созвездии Персея состоит из объектов с номерами NGC 869 и NGC 884.

Чем меньше, тем ярче: что такое звездная величина

На звездной карте, изображении созвездия или в каталоге всегда указывается звездная величина каждой звезды. *Звездная величина* (magnitude) — это просто некоторый уровень яркости (или блеска). Древнегреческий ученый Гиппарх разделил все видимые им звезды на шесть классов — самые яркие, менее яркие и т.д. по убыванию яркости. Самым ярким звездам он присвоил звездную величину, равную 1 (или *первая звездная величина*), следующим за ними по яркости — равную 2, и т.д. до самых тусклых звезд *шестой звездной величины*.

Обратите внимание, что, в противоположность большинству систем и единиц измерения, чем ярче звезды, тем меньше ее звездная величина. Но, поскольку нет в мире совершенства, не было его и у греков — даже у Гиппарха была ахиллесова пята: в его системе не осталось места самым ярким звездам.

Поэтому современная наука считает, что несколько звезд имеют нулевую или даже отрицательную звездную величину. Например, звездная величина Сириуса равна –1,5. И самая яркая планета Солнечной системы Венера иногда имеет звездную величину, равную –4 (это значение меняется в зависимости от расстоянии Венеры до Земли и положения Венеры относительно Солнца).

Еще одно упущение: у древних греков не было класса звездной величины для звезд, которых они не видели. В то время это не считалось оплошностью, потому что об этих звездах никто ничего не знал. Но сегодня нам известно, что существуют миллионы звезд, не видимых невооруженным глазом; естественно, у всех у них тоже есть некие звездные величины. Им присвоены большие числа: 7-8 для звезд, которые можно легко увидеть в бинокль и 10-11 для звезд, которые легко различимы в небольшой, но хороший телескоп. Значения звездных величин достигают 21 для самых тусклых звезд, которые можно увидеть в Паломарской обсерватории, и даже 30-31 для самых тусклых объектов, изображения которых получены с помощью телескопа "Хаббл".

Световой год

Расстояние до звезд и других объектов, находящихся за пределами нашей Солнечной системы, измеряется в *световых годах*. В обычных единицах измерения длины световой год равен примерно 9 400 миллиардам километров.

Людям обычно кажется, что световой год — это единица измерения времени, поскольку в этом термине присутствует слово *год*, но на самом деле это единица измерения расстояния. Световым годом называется расстояние, которое проходит свет за год, перемещаясь в пространстве со скоростью 300 тысяч километров в секунду.

Когда люди наблюдают в космосе некоторый объект, они на самом деле видят, как он выглядел в момент излучения света. Рассмотрим следующие примеры.

- ✓ Когда астрономы замечают вспышку на Солнце, они на самом деле видят ее не в реальном времени, а с некоторым запаздыванием: свету от вспышки нужно 8 минут, чтобы дойти до Земли. Таким образом, астрономы видят то, что происходило на Солнце 8 минут назад.
- ✓ Ближайшая к нам после Солнца звезда, Проксима Центавра, находится на расстоянии примерно 4 световых лет от Земли. Поэтому, наблюдая Проксиму, мы видим не то, какая она сейчас, а какой она была 4 года назад.

Яркость и математика

Звезды первой звездной величины примерно в 100 раз ярче звезд шестой звездной величины. Звезды первой звездной величины примерно в 2,512 раза ярче звезд второй звездной величины, последние примерно в 2,512 раза ярче звезд третьей звездной величины и т.д. Шкала звездных величин логарифмическая, и разность на одну звездную величину соответствует изменению яркости в 2,512 раза, причем 2,512 — это корень пятой степени из 100 (поскольку 2,512 x 2,512 x 2,512 x 2,512 x 2,512 = $(2,512)^5 = 100$). Если вы усомнитесь в моих словах и проделаете эти вычисления, то получите примерно 100,023 — я просто отбросил десятичную часть.

Таким образом, вы можете вычислить степень "тусклости" звезды — по сравнению с другими звездами — с помощью ее звездной величины. Если степень яркости звезд отличается на пять звездных величин (как, например, у звезд первой и шестой звездной величины), это значит, что одна из них ярче другой в $(2,512)^5$ раз, т.е. примерно в 100 раз. Если же яркость отличается на шесть звездных величин, то одна звезда ярче другой в примерно в 250 раз. Если же сравнить, например, звезды первой и одиннадцатой звездной величины, то первая будет ярче второй в $(2,512)^{10}$ раз, т.е. примерно в 10 000 раз (100 в квадрате).

Самый тусклый объект, видимый с помощью телескопа "Хаббл", отличается примерно на 25 звездных величин от самых тусклых звезд, видимых невооруженным глазом (имеется в виду обычное зрение — некоторые специалисты, а также лгуны и хвастуны утверждают, что видят звезды 7-й звездной величины). Разность на 25 звездных величин — значит в 100^5 раз. Таким образом, с помощью телескопа "Хаббл" можно увидеть объекты, в 10 миллиардов раз более тусклые, чем способен различить человеческий глаз. И мы вправе это ожидать от телескопа стоимостью миллиард долларов (хорошо, что он не стоит 10 миллиардов долларов).

Не расстраивайтесь: хороший телескоп можно купить меньше, чем за тысячу долларов, а самые лучшие фотографии, сделанные телескопом "Хаббл" стоимостью в миллиард долларов, можно бесплатно загрузить из Internet на сайте `www.stsci.edu`.

- ✓ Ясной и темной осенней ночью поищите на небе туманность Андромеды (M31). Это самый удаленный объект, который можно легко увидеть невооруженным глазом. Свет, который воспринимают ваши глаза, покинул эту галактику примерно 2 миллиона лет назад. И если по какой-то таинственной причине эта галактика исчезнет, следующие 2 миллиона лет люди на Земле даже не узнают об этом.

Подведем итоги.

- ✓ Когда мы смотрим на космические объекты, мы видим не настоящее, а прошлое.
- ✓ *Нельзя* узнать точно, как какой-либо космический объект выглядит прямо сейчас.

Вполне возможно и даже очень вероятно, что некоторые крупные звезды из далеких галактик, которые мы видим на небе, больше не существуют. Дело в том, что "продолжительность жизни" некоторых больших звезд — только 10–20 миллионов лет. И если они находятся в галактике, отстоящей от нас на 50 миллионов световых лет, скорее всего, то, что мы видим — уже только воспоминание об этих звездах. Они больше не озаряют свою галактику; они мертвы.

Если мы пошлем вспышку света по направлению к одной из самых отдаленных галактик, обнаруженных с помощью телескопа "Хаббл" или других больших телескопов, то свет будет идти до них около 10–14 миллиардов лет, потому что именно на таком расстоянии от нас находятся подобные галактики. Но, по некоторым прогнозам ученых, примерно через 5-6 миллиардов лет на Солнце закончатся запасы водорода и гелия, в результате чего оно "раздуется" до невероятных размеров и уничтожит всю жизнь на Земле. Поэтому посланный нами свет станет тщетной попыткой оповестить кого-то о существовании нашей цивилизации — удивительном всплеске жизни в холодных просторах Космоса.

Астрономическая единица

Расстояние от Земли до Солнца равняется примерно 149 600 000 километров, или одной астрономической единице (а.е.). И расстояния между объектами в Солнечной системе обычно даются в а.е. В сообщениях в средствах массовой информации, пресс-релизах и популярных книгах астрономы обычно объявляют, на каком расстоянии "от Земли" находятся изучаемые ими звезды и галактики. Но между собой и в научных журналах они говорят о расстояниях "от Солнца", центра Солнечной системы. Это практически не имеет значения, потому что расстояния до звезд измеряются с точностью ±1 а.е., но все-таки это нужно иметь в виду.

Неподвижные звезды все время движутся

Звезды обычно называют "неподвижными", чтобы отличать их от блуждающих планет. Но на самом деле звезды находятся в постоянном движении — и реальном, и видимом. Все небо, которое мы видим над головой, вращается, потому что вращается Земля. Звезды восходят и заходят, как Солнце и Луна, но порядок их расположения остается неизменным. Например, звезды Большой Медведицы не переворачиваются к Малому Псу или Водолею. Различные созвездия восходят в разное время и в разные дни, если смотреть на них из различных точек Земли.

На самом деле звезды Большой Медведицы (и любого другого созвездия) движутся одна относительно другой с огромной скоростью — порядка сотен километров в секунду. Но они настолько далеки от нас, что ученым нужно проводить точные измерения через довольно большие промежутки времени, чтобы обнаружить их движение по небу. Поэтому через 20 тысяч лет звезды Большой Медведицы создадут другой рисунок на небе. И, может быть, это даже будет похоже на медведицу.

Между тем ученые определили положение миллионов звезд, занесли данные о многих из них в каталоги и отметили на звездных картах. Положение звезды на небесной сфере определяется с помощью таких координат, как *прямое восхождение* (ascension) и *склонение* (declination), обозначаемых *RA* и *Dec*. Эти координаты аналогичны широте и долготе, используемым при определении положения объекта на Земле.

- ✓ RA (прямое восхождение) — это положение звезды, измеряемое в западном или восточном направлении на небе (аналог долготы, отсчитываемой от нулевого гринвичского меридиана).
- ✓ Dec (склонение) — это положение звезды, измеряемое в северном или южном направлении на небе (аналог широты, отсчитываемой от земного экватора).

RA обычно отсчитывают в часах, минутах и секундах, как время, но иногда и в градусах.

Координаты RA и Dec

Звезда с координатой RA $2^h\,00^m\,00^s$ находится на 2 часа восточнее звезды с координатой RA $0^h\,00^m\,00^s$, независимо от склонения. RA увеличивается с запада на восток, начиная со значения RA $0^h\,00^m\,00^s$, которое соответствует небесной полуокружности с центром в центре Земли, проходящей от Северного небесного полюса до Южного. Первая звезда может иметь склонение Dec 30° к северу, а вторая — Dec 15°25′ 12″ к югу, но они все равно будут находиться на расстоянии 2 часов по оси восток-запад (и на расстоянии 45°25′ 12″ по оси север-юг).

Сформулируем правила, касающиеся RA и Dec.

- ✓ Значение RA, равное 1 часу, соответствует дуге величиной 15° на небесном экваторе. А длина всего небесного экватора соответствует 24 часам, так как 24 x 15° = 360°, т.е. получаем полный круг. Значение RA, равное 1 минуте, называется *минутой времени* и является мерой небесного угла, составляющего $^1/_{60}$ долю от часа RA. Таким образом, 15°/60 = $^1/_4$°. Значение RA, равное 1 секунде, называется *секундой времени* и равно $^1/_{60}$ части от минуты RA.
- ✓ Dec — это мера, измеряемая в градусах (как углы круга), а также в *минутах* и *секундах дуги* (или *угловых минутах* и *секундах*). Один градус примерно в два раза больше видимого или углового размера полной Луны. Каждый градус делится на 60 минут дуги. Размер Солнца или полной Луны составляет примерно 32 минуты (32′) дуги. И каждая минута дуги делится на 60 секунд дуги (60″). Когда вы смотрите в небольшой телескоп при сильном увеличении, изображение звезды получается размытым из-за турбулентности воздуха. А при хороших условиях (когда турбулентность низкая), размер изображения в ширину составляет примерно 1-2″.

Разобраться в том, что такое RA и Dec и как читать звездную карту, вам помогут несколько простых правил (рис. 1.3).

Рис. 1.3. Обозначения на небесной сфере

- ✓ Северный небесный полюс (North Celestial Pole — NCP) — это точка на небе, на которую указывает ось Земли, продленная в северном направлении. Если стоять на географическом северном полюсе Земли, то NCP будет прямо над головой.

- ✓ Южный небесный полюс (South Celestial Pole — SCP) — это точка на небе, на которую указывает ось Земли, продленная в южном направлении. Если стоять на географическом южном полюсе Земли, то SCP будет прямо над головой. Только нужно одеваться тепло, это ведь в Антарктиде!
- ✓ Воображаемые линии, соответствующие равным значениям RA, проходят через NCP и SCP и представляют собой полуокружности, центр которых находится в центре Земли. Они воображаемые, но, тем не менее, отмечены на большинстве звездных карт, чтобы облегчить людям задачу нахождения звезд с определенными значениями RA.
- ✓ Воображаемые линии, соответствующие равным значениям Dec, например, 30 к северу, проходят в небе прямо над головой на соответствующей географической широте. Поэтому, если вы находитесь в Нью-Йорке, т.е. на 41° северной широты, то прямо над головой у вас будет точка с координатой Dec 41 к северу, хотя ее координата RA будет постоянно меняться по мере вращения Земли. Эти воображаемые линии тоже отмечены на звездных картах, и называются они *окружностями склонений* (declination circles).

Астрономия в домашних условиях

Если в вашем дворе есть место, с которого хорошо видно небо (где деревья и соседние дома не мешают обзору), — этого вполне достаточно. Ясной ночью установите телескоп или возьмите бинокль и начинайте определять звезды. Если вы живете в центре крупного города, огни которого мешают наблюдению ночного неба, то вступите в астрономический клуб. Обычно члены клуба вместе отправляются туда, где можно без помех заниматься наблюдениями. Иногда достаточно выехать за город.

Если вы, в основном, интересуетесь наукой — открытиями, которые делают астрономы, — можете узнавать новости из журналов, специально ориентированных на астрономов-любителей. А еще лучше посещать бесплатные Web-сайты, где вам расскажут все, что вы всегда хотели знать о космосе, и еще то, о чем вы даже не подозревали.

Астрономия — это идеальное хобби для всей семьи. Стоит только установить телескоп, как всем вокруг захочется в него заглянуть хоть краешком глаза. Вам не с кем оставить детей? Оденьте их потеплее и возьмите с собой на "астрономическую вечеринку". Они даже помогут вам нести телескоп. Захватите одеяла и спальные мешки. Самый лучший способ поразмыслить об окружающем мире — это, борясь со сном, любоваться потрясающим зрелищем звездного неба.

Предположим, вы хотите найти NCP. Станьте лицом точно к северу и ищите точку, расположенную над горизонтом под углом X градусов, где X — ваша географическая широта. (Я предполагаю, что вы живете в Северной Америке, Европе или в какой-либо другой точке Северного полушария. Если же вы живете в Южной Америке, Южной Африке, Австралии или в любом месте Южного полушария, то не сможете найти NCP, потому что вместо этого вам нужно искать SCP. Для этого станьте лицом точно к югу и ищите точку, расположенную над горизонтом под углом, равным значению вашей географической широты.)

Но хочу вас успокоить: если вы хотите только научиться находить на небе созвездия и планеты, то можно обойтись без RA и Dec (если они вас напугали). Нужно только сравнить звездную карту для соответствующего времени года и ночи (такие карты печатают в астрономических журналах и календарях) с тем, что вы видите на небе. Но если вы хотите понять, как пользоваться звездными картами и каталогами и как найти с помощью своего телескопа далекую галактику, то постарайтесь все-таки разобраться с этими координатами.

Если же вы приобрели новый, шикарный и на удивление не слишком дорогой телескоп с компьютерным управлением (о нем подробно говорится в главе 3), то сможете ввести координаты RA и Dec только что обнаруженной кометы и телескоп будет направлен прямо на нее.

(Обычно в каждом сообщении об обнаружении кометы приводится небольшая таблица, или *эфемериды*, в которой указываются расчетные координаты кометы RA и Dec, ночь за ночью, на протяжении ее пути по небу.)

Тяготение: то, с чем надо считаться

Со времен Исаака Ньютона все в астрономии вертится вокруг тяготения. Как объяснил Ньютон, это сила, возникающая между двумя объектами и зависящая от массы и расстояния. Чем больше масса объекта, тем сильнее сила его притяжения. И наоборот, чем больше расстояние, тем слабее сила притяжения.

Альберт Эйнштейн разработал более совершенную теорию гравитации, подтвержденную экспериментами, которых не выдержала старая теория Ньютона. Теория Ньютона хороша для описания тяготения в обычных условиях, например, как силы, заставляющей яблоко упасть ему на голову (если это, конечно, не вымысел). А теория Эйнштейна позволяет предсказать, что происходит рядом с объектами очень большой массы, где сила притяжения чрезвычайно велика. С точки зрения Эйнштейна, в действительности тяготение — это не сила, а искривление пространства и времени объектом большой массы, таким как звезда. Говоря об искривлении, я не имею в виду форму.

Теория Ньютона объясняет следующее.

- ✓ Почему Луна вращается вокруг Земли, Земля — вокруг Солнца, Солнце — вокруг центра Млечного Пути и т.д.
- ✓ Почему звезды и планеты круглые.
- ✓ Почему газ и космическая пыль притягиваются и образуют новые звезды.

Теория Эйнштейна, или общая теория относительности, объясняет следующее.

- ✓ Почему звезды, наблюдаемые недалеко от Солнца во время его полного затмения, кажутся расположенными немного "не на месте".
- ✓ Почему возможно существование черных дыр.
- ✓ Почему Земля, вращаясь, "тащит" за собой искривленное пространство и время. (Одни ученые заявляют, что у них есть данные, подтверждающие существование этого эффекта, а другие считают, что нужно подождать более доказательных фактов.)

О черных дырах мы поговорим в главе 10, но общую теорию относительности, пожалуй, оставим в покое (так что можете вздохнуть спокойно). Разумеется, прочитывая главу за главой, вы будете становиться все умнее и умнее. Но вряд ли друзья назовут вас Эйнштейном; для этого нужно отрастить волосы, везде ходить в грязном старом свитере и показывать язык, когда вас фотографируют.

Но следует отметить, что теория относительности оказала влияние на то, как ученые изучают Вселенную сегодня. Знание о том, что "все относительно" и понимание парадоксальности природы Вселенной (да, свет — это одновременно и частица, и волна) открыли ящик Пандоры с сокровищами астрономических гипотез и фантастических исследований.

Движение — это жизнь

Все в Космосе непрерывно движется и вращается. Космические объекты не могут стоять на месте. Всегда найдется тело, притягивающее любую звезду, планету, галактику или космический корабль. У Вселенной нет центра.

Например, Земля:

- ✓ вращается вокруг своей оси, делая полный оборот за сутки, или 24 часа;
- ✓ вращается вокруг Солнца, делая полный оборот за один год, или 365 суток;
- ✓ движется в составе Солнечной системы по очень длинной орбите вокруг центра Млечного Пути, делая полный оборот примерно за 226 миллионов лет; продолжительность этого путешествия называется *галактическим годом*;
- ✓ движется вместе с Млечным Путем вокруг центра масс Местной Группы Галактик (Local Group of Galaxies), в которую входит два десятка галактик, находящихся в нашем уголке Вселенной;
- ✓ движется вместе с Местной Группой Галактик в хаббловском потоке галактик в расширяющейся Вселенной, порожденной Большим Взрывом.

И любой житель Земли участвует во всех этих космических движениях, причем всегда: когда ведет машину, идет на работу и даже когда спит, не задумываясь об этом. Поэтому в следующий раз, когда опоздаете на несколько минут, попросите принять сей факт во внимание.

Помните фильм "Джинджер и Фред"? Они танцевали вместе и Джинджер делала все то же самое, что и Фред, только в обратном направлении. Точно так же, как в случае с Джинджер и Фредом, Луна повторяет все движения Земли (хотя и не в обратном направлении), за исключением ее вращения вокруг своей оси. Луна вращается медленнее, делая полный оборот примерно за месяц. И, поворачиваясь вокруг своей оси, она в то же самое время вращается вокруг Земли (и тоже делает полный оборот примерно за месяц).

Большой Взрыв — это гипотетическое событие, давшее начало Вселенной и заставившее ее расширяться с бешеной скоростью. Эта теория позволяет объяснить многие наблюдаемые явления и предсказать то, что нельзя было предсказать раньше. Сегодня она считается лучшей теорией о возникновении Вселенной.

Надеюсь, вы уже поняли, какая это классная книга. Даже первая глава уже заканчивается Большим Взрывом!

Глава 2

Наблюдение неба: найдите компанию

В этой главе...

- Астрономические клубы и другие ресурсы
- Обсерватории и планетарии

Астрономия привлекает если не всех, то очень многих. Звезды восхищали людей всех стран и континентов еще с первобытных времен. В древности наблюдения неба приводили к созданию всевозможных теорий о Вселенной, высших силах и цели движения звезд, планет и комет. Когда вы смотрите на небо, тысячи, если не миллионы, людей во всем мире делают это же вместе с вами. И со временем такие наблюдатели создали основы современных знаний о небе и небесных телах. Поэтому если говорить о наблюдении неба, то вы не одиноки в своем увлечении. Существуют множество людей, книг, статей и других ресурсов, которые помогут вам приобрести начальные знания, быть в курсе событий и принять участие в великом труде по освоению Космоса.

В этой главе вы познакомитесь с этими ресурсами и сможете начать свое знакомство с астрономией. Все остальное зависит только от вас. Присоединяйтесь!

Вы не одиноки!

Большой объем информации, множество организаций и людей помогут вам приобрести начальные знания и быть в курсе событий. Например, начальные сведения по астрономии и информацию о текущих небесных явлениях можно найти на Web-сайтах. Кроме того, вы можете стать членом клубов и ассоциаций, посещать собрания, лекции и специальные занятия.

Вступите в астрономический клуб

Лучший способ войти в мир астрономии, не тратя чрезмерных усилий и денег, — это вступить в астрономический клуб и познакомиться с его постоянными членами. В клубах обычно проводят встречи, на которых опытные специалисты дают новичкам советы об используемой технике и оборудовании; на заседания клубов иногда приглашают ученых, которые читают лекции, рассказывают о последних научных достижениях и показывают фотографии и слайды. Члены клубов всегда знают, где можно недорого купить подержанный телескоп или бинокль, что стоит покупать, а что — нет.

Кроме того, клубы организуют совместные наблюдения, обычно по выходным дням или ради особых событий, таких как метеорный поток, солнечное затмение и т.д. На таком мероприятии можно узнать о методах астрономических наблюдений и оборудовании гораздо больше, чем где-либо еще. Вам даже не нужно приносить с собой телескоп; многие люди с радостью позволят вам воспользоваться их приборами. Корочс говоря, одевайтесь потеплее, и вперед!

Если вы живете в большом городе или в пригороде, то почти наверняка ночное небо у вас будет слишком светлым и для наблюдений лучше отправиться куда-то за город, подальше от домов, дорог и огней. В местном астрономическом клубе наверняка знают хорошие места, но туда лучше отправляться большой компанией (поскольку места эти, как правило, довольно глухие). Так что присоединяйтесь!

- ✓ Московский астрономический клуб (`http://astroclub.ru/`). Основные направления деятельности клуба — наблюдательная астрономия, компьютерная астрономия, телескопостроение, образовательная работа, а также совместные выезды для наблюдений за пределы Москвы и экспедиции в другие районы страны.
- ✓ Харьковский астрономический клуб "Астерион" (`http://nature.megatop.ru/go/go36959.phtml`).
- ✓ Клуб астрономического общества (`http://olm.pereplet.ru/astro.htm`) в Государственном астрономическом институте им. П.К. Штернберга (ГАИШ) (Москва).

Астрономические ресурсы: Web-сайты, журналы и т.д.

Найти какие-либо сведения по астрономии совсем несложно. К вашим услугам широкий спектр источников информации, включая Web-сайты, журналы и программное обеспечение.

В Web есть сайты, где можно найти любую информацию по астрономии, и количество этих сайтов растет с астрономической скоростью! Один из лучших англоязычных сайтов — Sky & Telescope, который ведут редакторы одноименного журнала (`http://skyandtelescope.com/`). Здесь можно найти последние новости, информацию об астрономических событиях, советы о проведении наблюдений, интерактивную карту звездного неба, ссылки на другие ресурсы и т.д.

Среди астрономических ресурсов русскоязычной Internet можно назвать следующие сайты.

- ✓ Российский астропортал (`www.astrolab.ru`). Обширная информация о Вселенной, Солнечной системе, космосе. Астрономические новости, астроклуб, электронный журнал "Красная планета", обсерватории. Карты небесных тел (Луны, Плутона, Марса, Меркурия), астрономические события, лунный календарь, солнечные затмения, галереи фотографий.
- ✓ Российская астрономическая сеть (`www.astronet.ru`). Новости, статьи, карта неба, форумы, много информации по астрономии, каталог астрономических ресурсов.
- ✓ Астрономия XXI века (Internet-энциклопедия) (`www.astroweb.ru/links.htm`). Новости, информация о Вселенной, звездах и галактиках, Солнечной системе; астрономический словарь, великолепная фотогалерея (коллекция NASA, снимки телескопа "Хаббл", фотографии астрономических обществ и любителей), исследования и статьи, карты планет и неба, астрофорум, астрочат.
- ✓ Первый Всероссийский астрономический портал (`www.starlab.ru`). Сервер для астрономов и любителей. Конференции, ссылки, форумы.
- ✓ Каталог лучших астрономических сайтов (`http://bsastro.by.ru`).
- ✓ Астрономический сайт (`http://y-net.narod.ru/astro`). Содержательный и прекрасно оформленный сайт. Астрономические новости, Информация о Солнечной системе, ближайших звездах, экзопланетах, галактиках, фотогалерея, форум и т.д.

- ✓ Сайт "Гиперкосмос. Вся Вселенная на ладони" (www.hyperspace.nm.ru). Дайджест астрономических статей, новости, обширная астрономическая информация.
- ✓ Астрономия и космонавтика (www.m31.spb.ru). Статьи, фотографии, карты звездного неба и каталоги, астрономические инструменты и советы по проведению наблюдений, программное обеспечение.
- ✓ Далекая Галактика (fargalaxy.al.ru). Новости, фотографии, статьи, форум.
- ✓ Журнал российских любителей астрономии "Звездочет" (www.astronomy.ru). Новости, статьи, форум.

На некоторых из перечисленных выше сайтов можно найти специальное программное обеспечение, позволяющее увидеть на экране компьютера карту звездного неба на каждый день. Некоторые астрономы используют эти программы для планирования сеансов наблюдения. Они заранее составляют расписание наблюдения небесных объектов в телескоп или бинокль в разное время ночи, чтобы использовать "темное время суток" с максимальной эффективностью.

Если же какая-то загадка поставила вас в тупик, можно спросить ученых из NASA. Например, по адресу http://image.gsfc.nasa.gov/poetry/ask/askmag.html можно задать вопрос профессиональному астроному, д-ру Стену Оденвальду по поводу Солнца, Земли и их взаимодействия. А на сайте "Астрономическое кафе" (The Astronomy Cafe) (www.astronomycafe.net/qadir/qanda.html), который тоже ведет д-р Стен Оденвальд, есть обширный FAQ (файл часто задаваемых вопросов) по таким темам, как Солнечная система, планета X, звезды, галактики, черные дыры, теория Большого Взрыва, происхождение Вселенной, общая и специальная теория относительности, космические путешествия, астрофизика, телескопы и многое другое.

Обсерватории и планетарии

Чтобы больше узнать об астрономии, телескопах и исследовательских программах, вы можете посетить профессиональные обсерватории и общедоступные планетарии. В обсерваториях астрономы и другие ученые с помощью больших телескопов занимаются изучением Вселенной. А в планетариях в затемненном помещении с помощью специальной аппаратуры проектируют на экран на потолке (имитирующий небо над головой) изображения звезд и других небесных объектов, сопровождая это лекциями о различных космических явлениях.

Обсерватории

Пулковская обсерватория

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской Академии наук (ГАО РАН), основанная в 1839 году, расположена в Пулково, недалеко от Санкт-Петербурга (www.gao.spb.ru). Это исследовательский центр мирового значения для реализации крупных фундаментальных и прикладных научных проектов в астрономии, проектирования и строительства крупнейших инструментов, организации новых наблюдательных баз и обсерваторий, подготовки квалифицированных научных кадров. По широте охвата направлений современной астрономии — астрометрии, небесной механики, астрофизики, физики Солнца, радиофизики Пулковская обсерватория считается самым уникальным учреждением в России.

В ГАО были организованы и оснащены инструментами наблюдательные базы: в Азербайджане (Ордубад), Армении (Араратская экспедиция), Таджикистане (Памирская экспедиция), Узбекистане (Китаб), Чили, Боливии. Симеизское отделение Пулковской обсерватории было преобразовано

в Крымскую астрофизическую обсерваторию (КрАО), Николаевский филиал — в Николаевскую обсерваторию (ныне — обсерватория Комитета по науке и интеллектуальной собственности Украины), экспедиция ГАО в Боливии стала самостоятельной Национальной астрономической обсерваторией Боливии Санта-Анна. Основанная в 1948 году кисловодская Горная станция ГАО (ГАС ГАО) — единственная солнечная обсерватория России, осуществляющая ежедневные комплексные наблюдения (мониторинг) Солнца, уникальные в мире по регулярности.

В обсерватории ведется большая работа по созданию и разработке, а также внедрению уникального астрометрического оборудования. Только в последние годы создан ряд наземных телескопов (МАГИС, ЗА-32), разрабатываются три проекта космических астрометрических систем ("Струве", "Стереоскоп" и ГЕОБС), изготавливается наземный астрометрический рефлектор АР-115.

Основные направления небесной механики:

- ✓ изучение движения тел Солнечной системы; использование теории движения искусственных спутников Земли в прикладных задачах;
- ✓ исследование формы Земли и гравитационных потенциалов Земли и планет Солнечной системы;
- ✓ изучение динамики и эволюции планетных колец, галактических дисков и сходных объектов; хаотическая динамика небесных тел;
- ✓ эфемеридная поддержка программ наблюдений.

Основные направления астрофизики:

- ✓ космомикрофизика (астрономические методы поиска небарионной скрытой массы во Вселенной);
- ✓ исследования тесных двойных систем и звезд с оболочками;
- ✓ исследования звездных скоплений;
- ✓ изучение звездных атмосфер;
- ✓ поиск и исследование сверхновых звезд.

Наблюдательные программы осуществляются на крупных отечественных и зарубежных телескопах (БТА-6м, ЗТШ-2.6м Украины, инструменты Европейской южной обсерватории, Обсерватории ЮАР). Комплексная программа астрофизических наблюдений выполняется на телескопе АЗТ-24 ГАО РАН, недавно установленном в Кампо-Императоре (Италия) и оборудованном современной регистрирующей аппаратурой итальянской стороной.

Основные направления физики Солнца:

- ✓ исследования внутреннего магнитного поля Солнца методами гелиосейсмологии;
- ✓ изучение природы солнечной активности;
- ✓ мониторинг активных процессов на Солнце и солнечная цикличность;
- ✓ нелинейные процессы в физике Солнца и звезд.

Наблюдательные программы осуществляются, главным образом, на Горной станции ГАО и в Пулкове. Отдельные программы — на инструментах других обсерваторий (Тенерифе), на космических аппаратах (Международная космическая станция "Альфа" — МКС). В рамках соглашений о научно-техническом сотрудничестве ГАС ГАО получает данные наблюдений из обсерваторий Кит-Пик (США), Норикура (Япония), Станфордского университета (США) и др.

Главное направление радиоастрономии — физика корон Солнца и звезд, включая процессы вспышечного энерговыделения, на основе наблюдений на крупнейших отечественных и зарубежных радиотелескопах (РАТАН-600, VLA, "Нобеяма", "Эффельсберг", РТ-22). Кроме того,

ведутся исследования двойных систем звезд методом радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой (РСДБ). В перспективе — создание центра обработки РСДБ-данных по астрофизике и геодинамике. Совместно с САО РАН выполняется крупный проект "Радиогелиограф РАТАН-600".

ГАО РАН участвует в международном проекте "Уровень Балтийского моря", в программе Госстандарта России "Государственная система определения параметров вращения Земли" и многих других. В настоящее время Пулковская обсерватория проводит совместные научные работы в рамках подписанных договоров и соглашений о научно-техническом сотрудничестве с более чем 20 иностранными учреждениями в Великобритании, Испании, США, Дании, Италии, Бельгии, Германии, Японии, Финляндии, Греции и др.[1].

Крымская астрофизическая обсерватория Министерства науки и образования Украины

Крымская астрофизическая обсерватория (КрАО) — самое крупное астрономическое учреждение в Украине (`www.crao.crimea.ua`). КрАО организована в 1945 году на базе Симеизского отделения Пулковской обсерватории, основанного в 1908 году. Обсерватория располагает современным научным оборудованием, которое позволяет проводить всесторонние астрофизические исследования в широком спектральном интервале электромагнитного излучения — от жестких гамма-квантов до метровых радиоволн, самых разных объектов Вселенной (от искусственных спутников Земли и малых тел Солнечной системы до внегалактических образований). В КрАО конструируют и изготовляют уникальную астрофизическую аппаратуру как для наземных, так и для космических исследований.

Основные направления научных исследований КрАО: активные ядра галактик и источники космических лучей; наблюдения космических объектов методом радиоинтерферометрии; строение, химический состав, магнетизм и нестационарность звезд, физика Солнца и солнечная активность; планеты, малые тела Солнечной системы и астероиды, сближающиеся с Землей; глобальные движения материков и полюсов Земли; разработка наземных и космических оптических телескопов и светоприемной аппаратуры. Основная часть обсерватории расположена в поселке Научный (около 12 км от Бахчисарая) на высоте 600 м над уровнем моря. Здесь находится администрация, научная библиотека, опытное производство и основные оптические телескопы. Вблизи курорта Симеиз, в поселке Кацивели, у самого берега моря — лаборатория радиоастрономии КрАО. Одно из подразделений этой лаборатории расположено на горе Кошка над поселком Симеиз на высоте 346 м над уровнем моря, в 3 км от морского берега. На территории обсерватории проводятся экскурсии.

Планетарии

Планетарии — это как раз то, что нужно начинающему астроному. Именно здесь, на огромном экране, спроектированном на полусферический купол потолка, можно увидеть захватывающие звездные шоу и услышать познавательные лекции о планетах, звездах и Вселенной.

Чудесной машиной пространства и времени называют "планетарий" — сложный проекционный аппарат для демонстрации звездного неба, Солнца, Луны, планет, различных астрономических явлений. Планетариями называются также и научно-просветительские учреждения, в которых аппарат "планетарий" используется при чтении лекций по астрономии, космонавтике, географии и др. Аппарат "планетарий" похож на гигантскую гантель — две огромные сферы, соединенные ажурной перемычкой. В каждой сфере размещены проекционные фонари. А диапозитивами служат металлические пластинки с сотнями мельчайших отверстий, расположенных так же, как звезды на небе. Одна сфера демонстрирует звезды се-

[1] *Использованы материалы страницы* `www.spb-business.ru/show.php?directory=476` *сайта* `www.spb-business.ru`.

верного полушария небесной сферы, другая — южного. Благодаря этому в Звездном зале можно увидеть небо любого места на планете, побывать на экваторе, на Северном или Южном полюсе. Проекционные устройства могут продемонстрировать солнечные и лунные затмения, "хвостатые" светила — кометы, "падающие звезды" — метеоры, полет искусственных спутников Земли. Аппарат "планетарий" способен спрессовать время и поэтому может демонстрировать небесные явления, которые сложно, а то и невозможно наблюдать в действительности, например, положения небесных светил в прошлом или будущем[2].

Идея создания планетария принадлежит директору Гейдельбергской обсерватории профессору Максу Вольфу. В 1913 году он предложил основателю немецкого музея в Мюнхене д-ру Оскару Мюллеру изготовить два аппарата, которые показывали бы вид Солнечной системы. Но вскоре началась война и первый аппарат "планетарий" был создан только в 1924 году на заводе Цейсса в Германии. В 1926 году инженер В. Бауэрсфельд построил более совершенный аппарат, большой универсальный "Планетарий Цейсса", который мог показывать небо разных широт.

Сейчас "планетарий" — это сложный автоматизированный инструмент. Он позволяет изобразить на полусферическом куполе-экране суточное вращение неба на разных географических широтах; годичное изменение вида неба; звездное небо для воображаемого наблюдателя на Луне, Марсе, Венере. Специальные устройства позволяют создавать у зрителя полное впечатление участия в космическом полете, в межпланетном перелете, путешествии по планете.

Специальные проекторы служат для демонстрации движения Солнца, Луны и пяти планет, видимых невооруженным глазом. Специальные приборы проецируют на купол небесный экватор, эклиптику, небесный меридиан и другие точки и линии небесной сферы.

В планетарии можно "ускорить" (для наглядности) суточное и годичное движение Солнца, планет. Планетарии оборудуются проекторами полярных сияний, комет, метеоров, солнечных и лунных затмений, переменных звезд, новых звезд, искусственных спутников Земли и других небесных тел и явлений.

В России первый планетарий открылся в Москве 5 ноября 1929 года. Это был 13-й планетарий в мире и только третий за пределами Германии (вслед за Веной и Римом). Открытию планетария Маяковский посвятил стихотворение "Пролетарка, пролетарий, заходите в планетарий!"

Сколько всего планетариев в мире — сказать трудно. Но только в США их около 1000, в небольшой Японии — 400 планетариев, а в России — около 30[3].

Планетарии существуют во многих крупных городах мира. Но сейчас мы ограничимся кратким обзором планетариев России и Украины.

Планетарии России

Первым планетарием в России стал Московский, построенный в 1929 году. Среди других планетариев, появившихся только в 1948 году, был и Томский. Далеко не все российские планетарии имеют специально построенные здания (как, например, Санкт-Петербургский, Пермский, Волгоградский, Саратовский). Некоторые расположены в приспособленных помещениях (например, Брянский, Владимирский, Кировский); Томский планетарий функционирует, не имея помещения. К сожалению, несколько планетариев закрылось по разным причинам (Тамбовский, Таганрогский, Курганский, Казанский, Махачкалинский, Пятигорский).

- ✓ Московский планетарий (`www.planetarium.ru`) — центр популяризации естественнонаучных знаний; был открыт 5 ноября 1929 года. Основное направление деятельности — проведение общедоступных лекций и научно-художественных программ по астрономии и космонавтике, формирование на-

[2] *Использованы материалы сайта Киевского планетария (`http://www.znannya.org.ua/planetarium/r-index.htm`).*

[3] *Использованы материалы сайта Томского планетария (`http://www.astro.tomsk.ru/planeta/`).*

учного мировоззрения на основе обобщения достижений современного естествознания. В обсерватории Московского планетария в телескоп можно наблюдать пятна на Солнце, Луну, планеты и другие небесные объекты.

- ✓ Томский областной планетарий (`www.astro.tomsk.ru/planeta`) — один из старейших в России, в ноябре 2003 года ему исполнилось 55 лет. Все эти годы велась активная работа в детских учреждениях города Томска. Занимательные программы по астрономии, космонавтике, естествознанию, интересные праздники, научные конференции пользуются неизменным успехом у ребят и их учителей. Сотрудники планетария постоянно следят за новыми достижениями в исследованиях Вселенной, воспитывают у ребят интерес к окружающему миру, способствуют формированию научного мировоззрения. К сожалению, вот уже 15 лет планетарий не имеет своего помещения.
- ✓ Санкт-Петербургский планетарий (`www.planetarium.pl.ru`), открытый в 1959 году, расположен в историческом центре города — Александровском парке на Петроградской стороне. В Звездном зале планетария находится главный аппарат — "планетарий". Он с большой точностью воспроизводит на куполе важнейшие астрономические явления, доступные наблюдению невооруженным глазом: звездное небо Земли, суточное движение небесного свода, годовое движение Солнца и планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн), месячное движение Луны с изменяющимися фазами, 17 туманностей и звездных скоплений, Млечный Путь, переменные звезды (Алголь в Персее, Мира Кита, Дельта Цефея). Много специальных приборов используется на учебных занятиях для школьников и студентов для демонстрации экватора, эклиптики, полюсов, меридиана, навигационного треугольника, кругов склонения, счета лет, изменение высоты полюса мира, прецессии. В Звездном зале проходят научно-популярные, абонементные лекции, программы, научно-художественные и музыкальные композиции, встречи с учеными, космонавтами, новогодние представления. В обсерватории планетария находится самый большой в городе телескоп-рефрактор диаметром 180 мм, в который можно наблюдать различные небесные объекты: Солнце, планеты, кометы, Луну, двойные звезды, галактики, туманности. При Санкт-Петербургском планетарии существует Центр Естественнонаучного Образования (ЦЕНО). Он объединяет ребят, интересующихся астрономией, физикой, космонавтикой, математикой и другими науками естественного цикла. Преподаватели, работающие с ребятами, используют различные формы обучения, что дает возможность заниматься в кружке с младшего школьного возраста. Занятия проходят в учебном кабинете планетария. Ребята участвуют в экскурсиях и наблюдениях на телескопе в Пулковской обсерватории. В планетарии находится единственный на северо-западе России маятник Фуко, длина нити которого составляет 8 метров.

Планетарии Украины

В Украине планетарии есть во многих крупных городах: в Киеве, Днепропетровске, Донецке (`www.siesta.dn.ua/planetarium.htm`), Харькове, Херсоне, Виннице, Черкассах.

- ✓ Киевский планетарий (`www.znannya.org.ua/planetarium/r-index.htm`). Один из лучших и крупнейших планетариев СНГ, основанный в 1952 году всемирно известным астрономом Сергеем Константиновичем Всехсвятским. Это мультимедийный центр, позволяющий ощутить захватывающую стремительность полета среди звезд, побывать на других планетах и в других мирах,

имитировать запуск космического корабля и ощутить себя настоящим отважным исследователем Вселенной. Звездный зал планетария имеет купол диаметром 23,5 метра и вмещает 320 зрителей. Калейдоскоп встреч в планетарии под звездным небом включает художественные программы и образовательные лекции в помощь школьной программе по курсу астрономии, географии и природоведения. Возможности планетария позволяют с большой наглядностью объяснить законы природы и ощутить то, что ни класс, ни книги, ни телевидение дать не могут.

- ✓ Харьковский планетарий (`www.planetarium.com.ua`). Основное направление деятельности — проведение учебно-методической и культурно-просветительской работы. Звездный зал — это особый астрономический центр с большим разнообразием возможностей, естественным воспроизведением звездного неба. В Харьковском планетарии используются интересные приемы и средства обучения астрономии. Около 100 световых эффектов аппарата RFP Spacemaster используются в разных программах. Самая высокая точка планетария — купол телескопа "Meniscas" фирмы "Карл Цейсс Йена". Менисково-зеркальный телескоп Кассегрена типа 150/2250 установлен в 1975 году. Диаметр зеркала составляет 150 мм, фокусное расстояние системы — 2250 мм при длине всей конструкции трубы меньше 1 м. Для гидирования используется синхронный двигатель. Пятигнездовой окулярный револьвер позволяет быстро менять увеличение от 56-кратного до 375-кратного. В планетарии традиционно уделяется много времени работе с любителями астрономии. В клубе любительского телескопостроения изготавливались инструменты различных систем, отрабатывалась проверка качества астрономической оптики. Приоритетная форма работы в Звездном зале — проведение лекций. В планетарии используется синтезированный подход к популяризации знаний. Объединяется в единое целое научное, художественное, философское, мифологическое, музыкальное восприятие мироздания.

Виртуальные и Web-планетарии

Предположим, вы хотите увидеть солнечное или лунное затмение, но не знаете, когда оно будет, или хотите узнать положение звезд в момент вашего рождения, либо в период строительства пирамид Египта. Конечно, можно купить соответствующую литературу, но она очень быстро устаревает, можно спросить знающих людей, но информация иногда оказывается неточной, можно подключиться к Internet, но потратить очень много времени на поиски. А можно просто воспользоваться соответствующими (астрономическими) программами, а точнее, одной их разновидностью — виртуальными планетариями.

Как известно, у бумажных звездных карт существуют целый ряд недостатков: отображение происходит лишь в определенном масштабе и отсутствует возможность смены масштабов (при издании карт с большим масштабом увеличивается и количество листов карты), на такую карту можно нанести лишь звезды и объекты дальнего космоса (галактики, туманности, звездные скопления), у которых координаты со временем изменяются очень мало. А у планет, астероидов и комет эти величины меняются очень быстро, поэтому нельзя внести изменения в карты, так как эту операцию приходится делать либо вручную, либо перепечатывать всю карту.

Для устранения всех этих недостатков и были созданы так называемые виртуальные планетарии (Software Planetariums). В данном случае, планетарии — это обычные Windows-приложения, способные отображать звездную карту в любое время (от нескольких тысяч лет до н.э. до нескольких тысяч лет н.э.) в любом месте земного шара. Они способны также отображать не только "статические объекты" — звезды, но и планеты и их спутники, кометы, ас-

тероиды. Также многие из них отображают не только вид звездного неба с Земли, но и вид Солнечной системы "со стороны" — относительно "внешнего" ей наблюдателя.

На сайте[4] `http://phdep.ifmo.ru/~edward/astro/wcome.htm` можно найти и загрузить программы — виртуальные планетарии, получить советы по их использованию, а также загрузить многочисленные подключаемые файлы к планетариям, демонстрирующие различные астрономические явления.

Помимо виртуальных, существуют также Web-планетарии. Их главное отличие от обычных виртуальных планетариев, пожалуй, состоит в том, что все они представляют собой интерактивные Web-страницы. При загрузке страницы с Web-планетарием вы выставляете нужные параметры. Затем, после нажатия соответствующей кнопки, запрос передается на сервер, и, как результат выполнения, перед вами предстают генерируемые изображения различных астрономических явлений. Их типы и характеристики зависят от каждого планетария.

Другое астрономическое программное обеспечение можно найти по адресу `http://www.mystarslive.com`.

Научные исследования, в которых вы можете принять участие

Ваше увлечение астрономией может быть не только приятным, но и полезным. Вы тоже можете внести вклад в науку, включившись в общую работу (которая ведется во всем мире) по сбору драгоценных научных данных. Да, у вас может быть только бинокль, в то время как в обсерватории Кек на Гавайях есть два 10-метровых телескопа. Но если гору Мауна-Кеа укутают плотные облака, то даже такие мощные телескопы будут бесполезны. И если в это время эффектный болид пронесется над вашим родным городом, то вы сможете его увидеть, а профессиональные астрономы, возможно, нет.

Один из самых эффектных и интересных метеоров всех времен был зарегистрирован секретным спутником Министерства обороны США, а также снят на видеопленку любителем, проводившим отпуск в Национальном парке США Гласьер-Лейк. Отрывок из этого любительского видеофильма демонстрировался почти во всех научных документальных телефильмах о метеорах, астероидах и кометах. Как видите, очень важно оказаться в нужном месте в нужное время. И однажды это может случиться и с вами.

Присоединяйтесь к другим астрономам-любителям и участвуйте в различных исследовательских проектах. Конечно, этим можно заниматься самостоятельно, но всегда лучше сравнивать свои результаты с результатами более опытных людей, которые к тому же могут поделиться своими знаниями и дать полезный совет. Поэтому, если у вас есть такая возможность, постарайтесь связаться с местным астрономическим клубом.

А теперь, когда вы знаете о ресурсах, организациях и оборудовании, которые помогут вам войти в мир астрономии, давайте непосредственно перейдем к изучению природы космических объектов. О необходимом оборудовании я расскажу в главе 3, так что продолжайте читать!

[4] *Сервер кафедры физики Санкт-Петербургского государственного института точной механики и оптики (Санкт-Петербург).*

Глава 3

Как мы наблюдаем небо

В этой главе...

- Наблюдение неба невооруженным глазом
- Поиск объектов
- Выбор астрономического оборудования
- Основные принципы наблюдения неба

Когда ясной ночью вы любуетесь звездным небом, то на самом деле занимаетесь астрономией, поскольку наблюдаете звезды и другие небесные объекты. Делая это невооруженным глазом, можно различить цвета и связать некоторые объекты, например найти Полярную звезду с помощью "звездных ориентиров" (две звезды Большой Медведицы, находящиеся на одной линии с Полярной звездой) в "ковше".

От наблюдений невооруженным глазом до поиска неярких звезд и более детального рассмотрения объектов — всего лишь небольшой шаг. Сначала возьмите бинокль, а затем и телескоп. Поздравляю, теперь вы — астроном!

Но я слишком забегаю вперед. Сначала вы должны спокойно, чтобы никто не мешал, посмотреть на ночное небо и восхититься его красотой и таинственностью. При этом можно использовать три основных инструмента, по меньшей мере один из которых у вас уже есть.

Все методы наблюдения — невооруженным глазом, с помощью бинокля или телескопа — в зависимости от целей считаются подходящими.

- ✓ Человеческий глаз — идеальный "инструмент" для наблюдения метеоров, северного сияния, соединения (наибольшего кажущегося сближения) планет, а также Луны и планет Солнечной системы.
- ✓ В бинокль хорошо наблюдать яркие переменные звезды, которые слишком далеки от звезд сравнения (звезд известной постоянной яркости, используемых как эталон для оценки звезд переменной яркости), и поэтому их нельзя вместе увидеть в телескоп. Бинокль также отлично подходит для "прочесывания" Млечного Пути и наблюдения усеивающих его ярких туманностей и звездных скоплений. Некоторые из ярких галактик — туманность Андромеды (M31), Магеллановы Облака и M33 в созвездии Треугольника — также лучше всего рассматривать в бинокль.
- ✓ Телескоп нужен, чтобы рассмотреть большинство галактик, различить отдельные, близко расположенные элементы двойных звезд, а также наблюдать многие другие небесные объекты.

Начните с наблюдений невооруженным глазом

При наблюдениях невооруженным глазом самое главное — чтобы не мешал посторонний свет. Если вы не можете быстро добраться в темное место где-нибудь в сельской местности, то, по крайней мере, постарайтесь найти темный участок в своем дворе или на крыше дома. Конечно, вам не удастся устранить общее осветление неба (или "световое загрязнение"), вызванное большим количеством городских огней, но деревья или стена дома могут закрыть вас от ближайших уличных фонарей, чтобы их свет не бил вам прямо в глаза.

В 1996 году я наблюдал яркую комету Хиякутаке в небольшом городке в районе озер Фингер-Лейкс на севере штата Нью-Йорк. И я обнаружил, что, если ходить вдоль стен здания, закрывающего меня от огней соседнего шоссе, то видимость кометы значительно улучшается.

Если вы до сих пор не знаете географических направлений на местности, где живете, то обязательно выясните это. Затем найдите карту звездного неба (в астрономическом журнале или на Web-сайте), чтобы определить самые яркие звезды и планеты. Когда вы научитесь распознавать яркие звезды, попробуйте различить конфигурации более тусклых звезд, расположенных вокруг них.

В табл. 3.1 перечислены самые яркие звезды, которые можно увидеть в ночном небе, а также созвездия, в которые они входят. Большинство этих звезд можно увидеть в Северном полушарии, и только некоторые — в Южном. В таблице также приведена информация о спектральном классе звезд (более подробно об этом говорится в главе 11).

Таблица 3.1. Самые яркие звезды, видимые с Земли

Название	Видимая звездная величина	Созвездие	Спектральный класс
Сириус	−1,5	α Большого Пса	A
Канопус	−0,7	α Киля	A
Ригель Центавра	−0,3	α Центавра	G
Арктур	−0,04	α Волопаса	K
Вега	0,0	α Лиры	A
Капелла	0,1	α Возничего	G
Ригель	0,1	β Ориона	B
Процион	0,4	α Малого Пса	F
Ахернар	0,5	α Эридана	B
Бетельгейзе	0,5	α Ориона	M
Хадар	0,6	β Центавра	B
Акрукс	0,7	α Южного Креста	B
Альтаир	0,8	α Орла	A
Альдебаран	0,9	α Тельца	K
Антарес	1,0	α Скорпиона	M
Спика	1,0	α Девы	B
Поллукс	1,1	β Близнецов	K
Фомальгаут	1,2	α Южной Рыбы	A
Денеб	1,3	α Лебедя	A

Сначала изучите карту звездного неба и наметьте план наблюдений (какое созвездие или звезды вы намерены найти), а затем выясните, сколько звезд вы сумели найти на ночном небе. После попробуйте распознать некоторые более тусклые звезды в тех же созвездиях. И, конечно, не путайте звезды с яркими планетами: Меркурием, Венерой, Марсом, Юпитером и Сатурном.

Зимой и летом Млечный Путь виден высоко в небе из любой точки земного шара. Если вы сумеете различить эту широкую светящуюся небесную дорогу, состоящую из мириада тусклых звезд, значит, вы нашли неплохое место для астрономических наблюдений.

Лучше всего найти участок, где хорошо виден горизонт, мало деревьев и в поле зрения только низкие здания; впрочем, в крупном городе это практически невозможно.

Конечно, очень трудно найти место, где горизонт хорошо виден во всех направлениях. Но важнее всего, чтобы горизонт просматривался в южном направлении. Дело в том, что большинство наблюдений в Северном полушарии Земли проводят, стоя лицом к югу, так что восток оказывается слева, а запад — справа. Если вы смотрите на юг, то звезды восходят слева, а заходят справа. А для наблюдений в Южном полушарии нужно стоять лицом к северу, т.е. все указанные направления меняются на противоположные.

Всегда берите с собой часы, блокнот и матовый или красный фонарик, чтобы записывать свои наблюдения.

Начальный курс небесного ориентирования

Земля вращается. Впервые эту идею провозгласил греческий философ Гераклит Понтийский в IV веке до н.э. Но люди сомневались в том, что утверждал Гераклит. Им казалось, что в этом случае они должны чувствовать головокружение, как на крутящейся карусели, но ведь ничего подобного не происходило! Люди не верили, что Земля вращается, потому что никак этого не ощущали. Наоборот, наши древние предки считали, что Солнце вращается вокруг Земли, совершая полный оборот за один день.

Доказательство вращения Земли появилось только в 1815 году, больше, чем через две тысячи лет после Гераклита (в те времена государство почти не финансировало научные исследования, поэтому прогресс шел медленнее, но зато стоил дешевле). Французский физик Фуко подвесил металлический шар весом 28 кг под куполом Пантеона в Париже на проволоке длиной 67 м с периодом 16 секунд. Эта конструкция получила название *маятник Фуко*, по имени французского физика, которому пришла в голову идея этого эксперимента. Опыт Фуко основан на свойстве свободного маятника сохранять неизменным в пространстве плоскость (или направление) своих колебаний, если на него не действует никакая сила, кроме силы тяжести. Если проследить за колебаниями маятника, то станет заметно, что направление, в котором качается маятник над полом, постепенно меняется, как будто пол поворачивается под ним. На самом деле так оно и есть — пол поворачивается вместе с Землей.

Если вы не верите, что Земля вращается, или просто хотите посмотреть на маятник, посетите Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге. В 1931 году в этом соборе был подвешен маятник длиной 93 м и весом 54 кг. Амплитуда колебаний этого маятника равна 5 м, период — около 20 секунд. И за одну-две минуты можно убедиться в том, что Земля действительно вращается вокруг своей оси.

Поскольку Земля вращается...

Как я уже говорил в главе 1, из-за вращения Земли вокруг своей оси кажется, что звезды и другие небесные объекты движутся по небу с востока на запад. Кроме того, Солнце движет-

ся по небу в течение года по кругу, который называется эклиптикой. Угол наклона эклиптики к небесному экватору равен 23,5°; отклонение оси Земли от перпендикуляра к ее орбитальной плоскости также составляет 23,5°.

Траектории движения планет в течение года проходят вблизи эклиптики. Вокруг плоскости эклиптики расположены 12 созвездий, которые называют *зодиакальными*: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей и Рыбы. (На самом деле между Скорпионом и Стрельцом есть еще одно созвездие — Змееносец, но в древние времена его не включили в Зодиак.)

По мере движения Земли по орбите вокруг Солнца время восхода и захода звезд сдвигается на 4 минуты назад каждую ночь. Это приводит к тому, что со сменой времен года картина ночного неба меняется. Звезды не стоят на месте ни в течение ночи, ни в течение года. Созвездия, которые месяц назад по вечерам были высоко в небе, теперь опустились ниже к западу. А созвездия, которые висят низко над горизонтом на востоке перед самым рассветом, через несколько месяцев будут находиться в этом положении в полночь.

Как найти Полярную звезду

Конечно, на звезды может смотреть каждый, кто вышел из дома прогуляться ясной ночью. Но как узнать, что вы видите? Как снова найти на небе эти звезды? И как можно сориентироваться?

Один из самых известных способов научиться хоть немного ориентироваться в ночном небе (если вы живете в Северном полушарии) — это найти на небе Полярную звезду, которая почти не движется. А с помощью этого ориентира уже можно попробовать найти что-то еще. А если вы находитесь в Южном полушарии, нужно найти звезды α и β Центавра, которые указывают на созвездие Южный Крест.

Еще раз о яркости

О звездной величине уже говорилось в главе 1, но вы должны знать, что на самом деле существует три типа звездных величин.

- ✓ *Абсолютная звездная величина* — то, что ученые называют истинной яркостью небесного объекта, видимой со стандартного расстояния, равного 32,6 светового года.
- ✓ *Видимая звездная величина* — то, насколько ярким объект кажется с Земли. Может отличаться от абсолютной звездной величины, в зависимости от того, насколько далеко от Земли находится небесный объект. Звезда, которая расположена ближе к Земле, может казаться ярче более далекой звезды, даже если ее абсолютная звездная величина меньше.
- ✓ *Ограниченная звездная величина* связана с состоянием наблюдаемого неба во время наблюдения, т.е. насколько оно ясное и темное. Даже очень яркий объект может быть невидимым, если метеорологические условия неподходящие. Ограниченную звездную величину чаще всего используют при наблюдении метеоров и объектов дальнего космоса. Темной ясной ночью ограниченная звездная величина может быть равна 6 в зените, в то время как при наблюдениях в городе она составит только 4.

На звездных картах указывают видимые звездные величины, соответствующие их яркости на ночном небе.

Полярную звезду легко найти с помощью "ковша" из созвездия Большой Медведицы. Ковш — это одна из самых известных и узнаваемых звездных конфигураций (рис. 3.1).

Две самые яркие звезды Ковша, Дубхе и Мерак (их еще называют "указателями"), образуют одну из сторон "ковша" (чаши) и указывают прямо на Полярную звезду. С помощью этих "указателей" можно найти также звезды Кастор и Поллукс из созвездия Близнецов и Денеб из созвездия Лебедя. А "ручка ковша" указывает на Арктур из созвездия Волопаса.

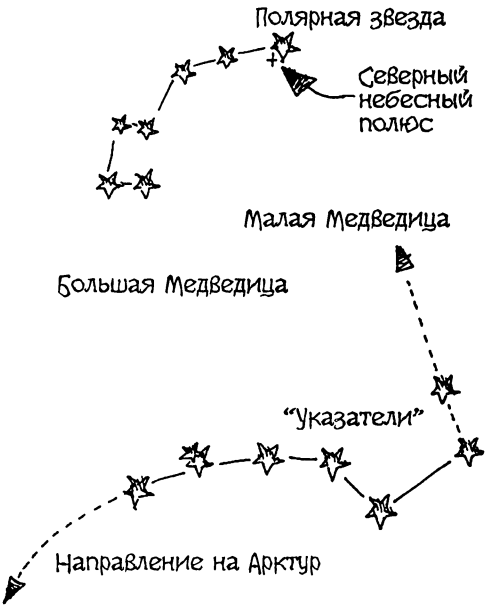


Рис. 3.1. Ковш Большой Медведицы – прекрасный ориентир для поиска других небесных объектов

Звезды, близкие к Полярной звезде, никогда не заходят за горизонт (на большей территории Северного полушария); они называются *околополярными звездами*. Они как будто движутся вокруг Полярной звезды. Большая Медведица — это околополярное созвездие; таким его видят почти на всей территории Северного полушария. Размер околополярной области неба зависит от широты, на которой проводится наблюдение. Чем ближе вы живете к Северному полюсу, тем бо́льшая часть неба будет околополярной. Аналогично, в Южном полушарии, чем южнее вы находитесь, тем бо́льшая часть будет околополярной.

Созвездие Ориона, хоть и не является околополярным, тоже выделяется на зимнем небе. Три его звезды (образующие "пояс Ориона") указывают на Сириус из созвездия Большого Пса и Альдебаран из Тельца. В созвездии Ориона есть также звезды первой звездной величины Бетельгейзе и Ригель — два ярких небесных маяка (рис. 3.2).

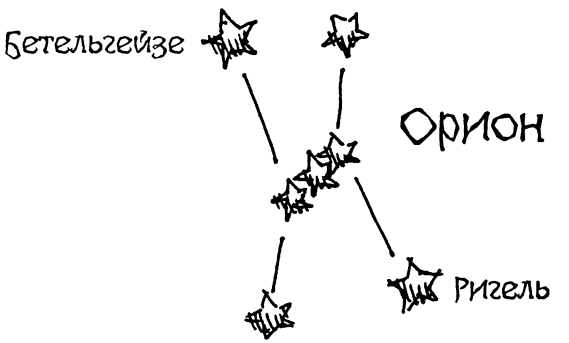


Рис. 3.2. Орион и его яркие звезды – Ригель и Бетельгейзе

Чтобы познакомиться с ночным небом, пользуйтесь приведенными в этой книге рисунками и наблюдайте. Приведу такую аналогию: узнав расположение улиц города, вы сможете ориентироваться в нем и быстрее добраться в нужное место. Точно так же, зная созвездия и яркие звезды-ориентиры, вы сможете легче найти объекты наблюдения и следить за их перемещением по ночному небу.

Чтобы лучше видеть, возьмите бинокль или телескоп

Какое бы новое увлечение у вас ни появилось, общее правило таково: не спешите покупать дорогостоящее оборудование. Прежде чем купить телескоп, познакомьтесь с приборами разных типов, постарайтесь увидеть их в действии и услышать мнение других астрономов-любителей. В следующих разделах я дам вам советы по поводу того, как выбрать хороший бинокль или телескоп.

Бинокль: идеальный прибор для "прочесывания" неба

Хороший бинокль — это не роскошь, а необходимость. Пока не приобретете телескоп, купите или одолжите бинокль. Это великолепное средство для многих видов наблюдений, и если вдруг (ах!) вы бросите астрономию, то сможете использовать его для других целей.

Бинокль отлично подходит для наблюдения переменных звезд, поиска ярких комет и новых звезд, а также быстрого просмотра всего неба, просто для того, чтобы получить удовольствие от захватывающего зрелища. Конечно, вы вряд ли откроете новую комету, но, наверное, захотите рассмотреть известные кометы во время их появления. И для этого нет ничего лучшего, чем хороший бинокль.

Устройство бинокля показано на рис. 3.3.

Хорошая видимость

Турбулентность атмосферы влияет на условия наблюдения небесных объектов. Именно турбулентность — причина мерцания звезд. Если воздух чист и прозрачен, а изображение "устойчивое", значит видимость хорошая. При плохой видимости изображение становится нечетким, расплывчатым, из-за чего двойные звезды "сливаются". Видимость звезд, расположенных на горизонте, всегда хуже.

Параметры биноклей

Бинокли бывают разных типов и размеров. Но все они описываются некоторой парой чисел, например 7×35, 7×50, 16×50, 11×80 и т.д. Вот как расшифровываются эти числа.

- ✓ Первое число — это оптическое увеличение. Бинокль 7×35 или 7×50 позволяет рассматривать объект с семикратным увеличением по сравнению с наблюдением невооруженным глазом.
- ✓ Второе число — это *апертура*, или диаметр светособирающих линз (больших линз) бинокля, выраженный в миллиметрах. Таким образом, бинокли 7×35 или 7×50 имеют одинаковое увеличение, но у бинокля 7×50 линзы больше и они собирают больше света. Поэтому бинокль 7×50 позволяет увидеть более тусклые звезды, чем бинокль 7×35.

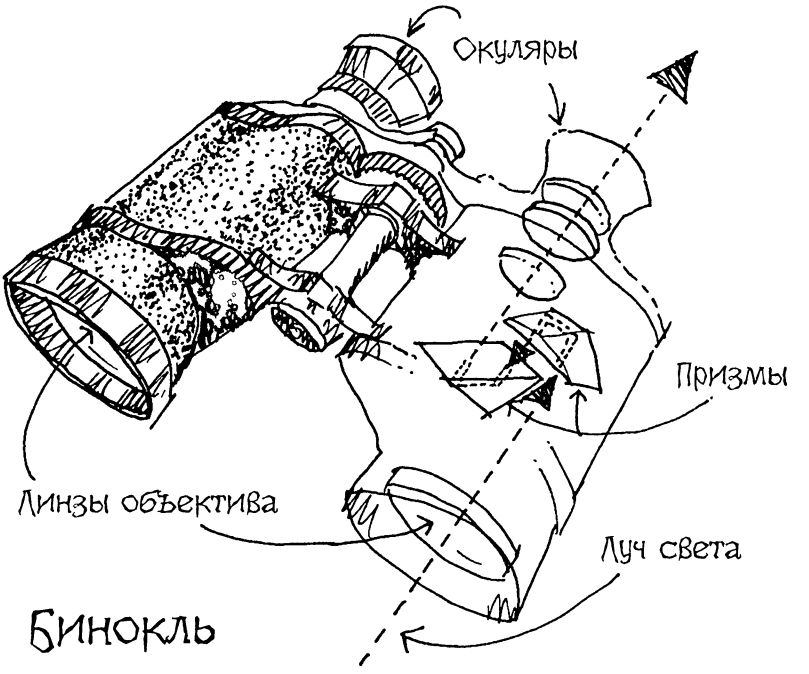


Рис. 3.3. Бинокль – это как будто два телескопа, специально подогнанных под ваши глаза. Чем больше линзы, тем более тусклые объекты можно рассмотреть

Также имейте в виду следующее.

- ✓ Больший бинокль позволяет увидеть более тусклые объекты, чем меньший, но его труднее ровно держать в руках (поскольку он тяжелее) и точно наводить.
- ✓ Бинокль с большим увеличением, например 10×50 и 16×50, позволяет ясно видеть объект (при условии, что вы сможете ровно держать его в руках), но дает меньшее поле зрения. Поэтому небесные объекты легче находить с помощью бинокля, имеющего меньшее увеличение.
- ✓ Очень большие бинокли (11×80, 20×80 и выше) трудно ровно держать в руках из-за их тяжести. Многие люди вообще не могут их использовать без подставки или треножника. Самый большой бинокль, 40×150, нужно использовать только с подставкой.
- ✓ Существует много биноклей с промежуточными параметрами, например 8×40 или 9×56.

Вот мое мнение: бинокль 7×50 — это оптимальный вариант. Он лучше всего подходит для большинства астрономических наблюдений и начинать имест смысл именно с него. Если вы купите бинокль с меньшими параметрами, то будете иметь прибор для наблюдения скорее птиц, а не звезд. Исключения редки, но бывают: одну комету открыли с помощью бинокля 7×35. А купив бинокль с большими параметрами, вы, скорее всего, потратите деньги на вещь, которой будете редко пользоваться.

Хороший бинокль 7×50 может стоить несколько сотен долларов, но если вы поищете, то наверняка найдете неплохой вариант меньше, чем за 100 долларов. Кроме того, можно купить хороший подержанный бинокль, причем гораздо дешевле.

Проверка бинокля

Не покупайте бинокль, если его нельзя будет вернуть. Вот как проверить, пригоден ли бинокль для использования.

- ✓ При взгляде на звездное небо изображение должно быть резким по всему полю зрения.
- ✓ Бинокль должен легко фокусироваться, причем отдельная настройка должна существовать по меньшей мере для одного окуляра (малые линзы, оказывающиеся ближе всего к вашим глазам, когда вы смотрите в бинокль).
- ✓ При регулировке фокусировка должна меняться медленно; при сфокусированном изображении звезды должны казаться отчетливыми точками, а при несфокусированном — круглыми по форме.
- ✓ На линзы объектива (большие линзы) многих биноклей наносят специальное прозрачное покрытие, которое позволяет получить более ясное и контрастное изображение звездного неба.

Бинокль лучше покупать в специализированном магазине. Не советую вам делать это в супермаркетах, потому что можно купить некачественный товар или заплатить непомерную цену. Причем почти наверняка продавцы супермаркета будут знать еще меньше, чем вы.

Многие астрономы покупают бинокли в специализированных магазинах и у фирм-производителей, которые размещают рекламу в астрономических журналах. Если вы собираетесь делать заказ по почте или через Web, то выберите фирму по рекомендации опытных астрономов-любителей (с которыми вы познакомились, например, в астрономическом клубе) или работников планетария.

Признанными во всем мире производителями биноклей считаются фирмы *Bausch & Lomb*, *Bushnell*, *Canon*, *Celestron*, *Fujinon*, *Leica*, *Meade*, *Nikon*, *Orion* и *Pentax*.

Телескопы: увеличение имеет значение

Если вы собираетесь рассматривать кратеры на Луне либо поверхность и облачную атмосферу планет, то вам нужен телескоп. Это относится также к наблюдению тусклых переменных звезд или галактик и удивительных сияющих облаков, которые называют "планетарными туманностями", хотя они не имеют ничего общего с планетами (подробности — в главах 11 и 12).

При наблюдении Солнца или любого другого объекта, проходящего перед Солнцем, внимательно прочитайте указания в главе 10, чтобы защитить свои глаза и не повредить зрение!

Телескопы делятся на три основных класса.

- ✓ Рефракторы, в которых используются линзы, собирающие и фокусирующие свет (рис. 3.4). Большинство телескопов относятся к рефракторам.
- ✓ Рефлекторы, в которых используются зеркала, собирающие и фокусирующие свет (рис. 3.5). Существуют различные типы рефлекторов. Если рефлектор относится к системе *Ньютона*, то вы смотрите через окуляр под прямым углом к трубе телескопа. Если же телескоп относится к типу *Кассегрен*, то вы смотрите через окуляр, расположенный внизу.

- ✓ Зеркально-линзовые телескопы типа *Шмидт–Кассегрен* и *Максутов–Кассегрен*, в которых используются и зеркала, и линзы. Как правило, они дороже, чем рефлекторы и рефракторы соответствующего уровня.

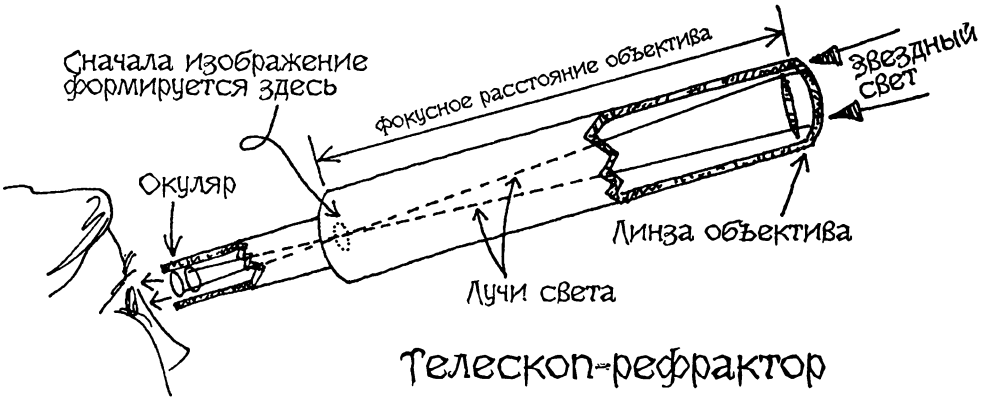


Рис. 3.4. Телескоп-рефрактор

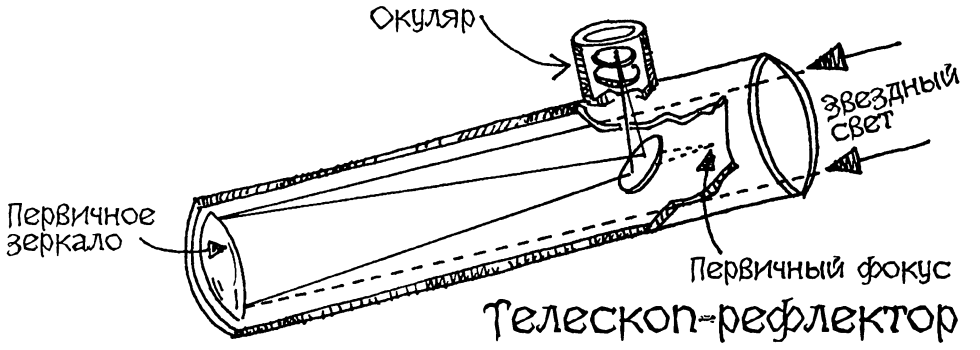


Рис. 3.5. Телескоп-рефлектор изобрел английский ученый Исаак Ньютон

В пределах этих основных типов телескопов существует множество разновидностей. В каждом любительском телескопе есть окуляр, представляющий собой специальную линзу (на самом деле, это комбинация линз, собранных в единый элемент), предназначенную для увеличения сфокусированного изображения. При фотосъемке окуляр обычно не используется.

Почти во всех телескопах, так же как в микроскопах и фотоаппаратах со сменными объективами, можно использовать сменные окуляры. Некоторые компании не производят телескопов вообще, а вместо этого специализируются на выпуске окуляров, которые можно использовать в самых разных телескопах.

Начинающие обычно покупают окуляры с самым большим увеличением, и это верный способ выбросить деньги на ветер. Я рекомендую окуляры с низким или средним увеличением. Если телескоп небольшой, то лучше всего использовать окуляры с параметрами 25x или 50x, а не 200x и больше (здесь "x" означает "кратность увеличения"; т.е. 25x — увеличение в 25 раз по сравнению с наблюдениями невооруженным глазом).

Если телескоп рекламируется как "очень мощный", скорее всего, это тот самый случай, когда ничего не подозревающим покупателям пытаются всучить посредственный товар. И если продавец расхваливает "мощность" телескопа, советую вам найти другой магазин.

Вашу способность рассмотреть мелкие детали в небольшой телескоп ограничивает не мощность (т.е. сила увеличения) окуляра, а турбулентность атмосферы или даже колебания телескопа на ветру. Поэтому мощные окуляры используются редко. Более того, при прочих равных условиях, чем сильнее увеличение, тем меньше поле зрения. Поэтому, если вы вставите в телескоп окуляр с большим увеличением, то вам будет труднее направить его и найти неяркий объект — а иногда даже яркую звезду.

Какого цвета Вселенная?

Что вы видите, рассматривая небесный объект с помощью бинокля или телескопа? Увидите ли вы прекрасные звезды, планеты и другие небесные объекты такими же яркими и цветными, как на фотографиях в цветной вклейке этой книги?

К сожалению, скорее всего, вы увидите большинство небесных объектов в бледных тонах. Звезды большей частью кажутся белыми или белыми с каким-то оттенком, скорее желтоватым, чем желтым. В телескоп можно ясно увидеть цвета некоторых двойных звезд, если они резко контрастируют.

На фотографиях небесных объектов цвета чаще всего усилены и по этой причине их часто объявляют *фальшивыми*. Но это не так; никто не использует фальшивые цвета, чтобы приукрасить Вселенную, которая прекрасна сама по себе. Никто не хочет также дать вам ложное представление о дальнем космосе. На самом деле усиление цвета делается для поиска истины, так же как краситель на медицинских снимках позволяет убрать лишние детали в клетках и выявить физические отличия и взаимосвязи.

В зависимости от метода наблюдения и представления, фотографии одного и того же объекта могут быть поразительно разными. Но все они говорят ученым о различиях в структуре объекта, о том, какие газы есть в его атмосфере и какие динамические процессы там происходят.

Опоры (или монтировки) телескопов (основа поддерживающей телескоп структуры) обычно бывают двух типов.

- ✓ *Высотно-азимутальная опора* позволяет телескопу перемещаться параллельно (т.е. вправо-влево, горизонтально) и перпендикулярно горизонту (т.е. вверх-вниз, вертикально). При этом меняется азимут (перемещение в горизонтальной плоскости) и высота (перемещение в вертикальной плоскости). Чтобы компенсировать смещение звезд из-за вращения Земли, нужно регулировать обе оси, что вызывает определенные неудобства. Монтировка *Добсона* — это недорогой вариант опоры высотно-азимутального типа, которая используется для больших любительских телескопов-рефлекторов.
- ✓ Более дорогая *экваториальная опора* позволяет сориентировать телескоп вдоль оси, направленной прямо на небесный северный полюс (или на небесный южный полюс, если наблюдения проводятся в Южном полушарии.) После нахождения объекта достаточно просто поворачивать телескоп вокруг полярной оси, чтобы держать объект в поле зрения. Но выравнивать телескоп по полярной оси необходимо на каждом сеансе наблюдения.

Высотно-азимутальная монтировка обычно устойчивее, но экваториальная лучше подходит для отслеживания движения звезд от их восхода до захода.

Не забывайте, что объекты, которые вы видите в телескоп, обычно перевернуты "вверх ногами" (а для бинокля это не так). Конечно, это не имеет большого значения для проводимых вами наблюдений, но нужно помнить: когда вы смотрите в телескоп, верх и низ меняются местами. Если добавить линзу, которая перевернет изображение в нормальное положение, то световой поток, улавливаемый телескопом, сократится и изображение уменьшится. Участок неба, наблюдаемый через телескоп с экваториальной опорой, будет сохранять ту же ориентацию. А в случае телескопа с высотно-азимутальной опорой наблюдаемый участок будет поворачиваться в течение ночи, так что звезды, которые были сверху, окажутся сбоку.

Глядя на Солнце, защищайте глаза!

Даже украдкой бросать быстрый взгляд на Солнце через телескоп, бинокль или любой другой оптический инструмент очень опасно, если ваше устройство не оснащено солнечным фильтром от известной фирмы-производителя, специально предназначенным для наблюдения Солнца. Причем этот фильтр должен быть установлен правильно и аккуратно, с соблюдением всех инструкций.

Солнечный фильтр нужно использовать также при наблюдении планет, проходящих по солнечному диску. При наблюдении любого объекта на фоне Солнца необходимо использовать специальные методы, позволяющие защитить зрение. Если у вас рефлектор системы Ньютона или рефрактор, попробуйте использовать проекцию. Более подробно о специальных методах наблюдения Солнца и защиты глаз говорится в главе 10.

Как недорого купить хороший телескоп

Купить дешевый телескоп массового производства — в большинстве случаев значит выбросить деньги на ветер. Причем немалые деньги — иногда до нескольких сотен долларов.

Хороший новый телескоп в лучшем случае обойдется вам в тысячу долларов и даже больше. Но есть и другие возможности.

- ✓ Можно найти подержанный телескоп по объявлению в астрономическом журнале или в информационном бюллетене местного астрономического клуба. Если, проверив и опробовав подержанный телескоп, вы пришли к выводу, что именно такой вам и нужен, смело покупайте! Телескоп в хорошем состоянии прослужит многие десятилетия.
- ✓ Астрономы-любители могут наблюдать небо с помощью больших телескопов, принадлежащих астрономическим клубам, планетариям и обсерваториям.

Прогресс не стоит на месте, и любительские телескопы постепенно становятся все более совершенными. Так и выходит, что то, о чем вчера астроном-любитель не мог и мечтать, сегодня — уже устаревшее оборудование. Качество становится выше, возможности увеличиваются, а цена падает.

Вообще говоря, хороший рефрактор дает лучшую видимость, чем хороший рефлектор с такой же апертурой. Апертура (или размер телескопа) — это диаметр главного объектива, зеркала или, в более сложном телескопе, размер открытой (ничем не заслоненной) части оптического устройства. Но, увы, хороший рефрактор гораздо дороже хорошего рефлектора.

Компромиссный вариант

Телескопы типа Максутов–Кассегрен и Шмидт–Кассегрен — это хорошие варианты компромисса между низкой стоимостью рефлектора и более высоким качеством рефрактора. Поэтому многие астрономы выбирают именно их.

В 1999 году самой популярной на рынке моделью небольшого любительского телескопа был Meade ETX-90/EC — существенно усовершенствованная версия телескопа ETX-90, который тоже пользовался большой популярностью. Апертура этого телескопа составляла всего 3,5 дюйма (около 9 см) — наверное, самый минимальный размер изо всех телескопов для начинающих. (Если вы найдете хороший прибор по хорошей цене с апертурой от 2 дюймов (примерно 5 см) и выше — особенно рефрактор — подумайте, это неплохой вариант.)

Можно купить базовую модель Meade ETX-90/EC, но я рекомендую модель Autostar controller с компьютерным блоком управления. Кроме того, вам наверняка понадобится полевой штатив. Упомянутый телескоп насколько хорош, имеет такие возможности, что некоторые опытные астрономы жалуются, что он практически работает сам и может сориентироваться на любой из тысяч небесных объектов, координаты которых RA и Dec хранятся в памяти компьютера телескопа (более подробно о координатах RA и Dec читайте в главе 1). На основании сохраненной информации Autostar может находить даже перемещающиеся объекты, например планеты.

Но, во всяком случае, не платите большие деньги до тех пор, пока не увидите телескоп в действии на каком-либо мероприятии астрономического клуба, даже если цена будет не выше, чем вы заплатили бы за хороший фотоаппарат и пару сменных объективов. К тому же можно попытаться найти больший телескоп за меньшие деньги по объявлениям в астрономических журналах и на Web-сайтах. Но, чтобы научиться эффективно им пользоваться, придется приложить больше усилий.

Телескопы некоторых известных торговых марок продают только официальные дилеры. Как правило, это специалисты своего дела, обладающие глубокими познаниями в этой сфере. Но их советы следует воспринимать немного критически, особенно если они продают несколько конкурирующих марок телескопов.

Перечислим основные фирмы — производители телескопов и Web-сайты, на которых можно найти информацию о телескопах.

- ✓ Фирма *Celestron*, продукция которой в течение многих лет пользовалась большой популярностью среди астрономов (`www.celestron.com`).
- ✓ *Meade Instruments Corporation* (`www.meade.com`, `www.meade.ru`).
- ✓ *Orion Telescopes & Binoculars* (`www.telescope.com`).
- ✓ Internet-магазин по продаже телескопов (`www.telescope.ru`).
- ✓ Internet-магазин по продаже телескопов и астрономического оборудования (`www.jj-astro.ru`).

План погружения в астрономию

Я рекомендую вам "погружаться" в астрономию постепенно, вкладывая в это хобби как можно меньше денег до тех пор, пока не будете уверены, что вам это действительно нужно. Поэтому предлагаю план приобретения основных навыков и необходимого оборудования.

1. **Если у вас компьютер последней модели, купите недорогую программу-планетарий. Начните проводить наблюдения невооруженным глазом каждую ясную ночь или перед рассветом, если вы — "жаворонок".**

   Чтобы планировать наблюдения планет и созвездий, постарайтесь еженедельно просматривать информацию на астрономических сайтах. Если же у вас нет доступа в Internet, читайте астрономические журналы.

2. **Через пару месяцев наблюдений, когда вы поймете, нравится вам это или нет, можете купить исправный бинокль 7x50.**

3. **Когда вы научитесь находить на небе яркие звезды и созвездия, купите атлас звездного неба, в котором обозначены также более тусклые звезды, звездные скопления и туманности.**

   Сравнивайте рисунки в звездном атласе с тем, что вы видите на небе. В атласе указаны координаты RA и Dec, так что вы научитесь разбираться в этой системе координат (информацию о координатах RA и Dec можно найти в главе 1).

4. **Вступите в местный астрономический клуб, если он есть, и постарайтесь познакомиться с людьми, которые имеют опыт использования телескопа.**

5. **Если все пойдет хорошо и вы захотите продолжать заниматься астрономией — могу поспорить, что так оно и будет, — купите качественный телескоп размером 2,5–4 дюйма (6–10 см).**

   Для этого изучите предложения на сайтах, указанных выше, или закажите каталоги, рекламируемые в астрономических журналах. А еще лучше, поговорите с опытными членами астрономического клуба, если у вас будет такая возможность.

Если вы убедитесь в том, что не на шутку увлеклись астрономией (а я думаю, что так оно и будет), то через несколько лет подумайте о покупке телескопа размером 6–8 дюймов (15–20 см). Замечу, что некоторые из них дешевле упомянутого выше телескопа Meade размером 3,5 дюйма. Пользоваться этими телескопами гораздо сложнее, но вы уже будете готовы овладеть этим искусством. Имея в распоряжении такой телескоп, вы сможете увидеть намного больше звезд и других объектов, чем раньше.

Глава 4

Метеоры, кометы и искусственные спутники

В этой главе...

- Метеоры, метеорные тела, метеориты и т.д.
- Из чего состоят ядро и хвост кометы
- Искусственные спутники

Видите движущийся объект в дневном небе? Как правило, легко определить, что это — птица, самолет или Супермен (шутка). Но в ночном небе уже не так просто отличить метеорное тело от искусственного спутника. А сможете ли вы отличить астероид от кометы, если и тот, и другая медленно, но верно перемещаются на фоне звездного неба?

В этой главе я расскажу вам о многих объектах, которые проносятся по ночному небу. (Солнце, Луна и планеты тоже движутся по небу, но гораздо более величаво и неторопливо. О них мы поговорим в следующих главах.)

Метеоры: падающие звезды

Ни один астрономический термин не употребляют неправильно так часто, как слово *метеор*. Его часто неправильно употребляют даже ученые, в то время как правильнее было бы сказать — *метеорное тело*, или *метеорит*. Поэтому давайте разберемся, в чем же разница.

- ✓ *Метеорное тело* (или *метеороид*) — это мелкий твердый космический объект, обычно обломок астероида или кометы, движущийся по орбите вокруг Солнца. Некоторые (очень немногие) метеорные тела — это на самом деле осколки Марса и Луны.
- ✓ *Метеор* — это вспышка света, наблюдаемая в результате того, что мелкий твердый объект (метеорное тело) входит из космоса в атмосферу Земли; именно метеоры называют "падающими звездами".
- ✓ *Метеорит* — это твердый космический объект, упавший на поверхность Земли (а не сгоревший в атмосфере).

Если метеорное тело входит в атмосферу Земли, то из-за воздушного трения может наблюдаться феномен метеора — вспышка света, достаточно яркая для того, чтобы ее увидеть. Если метеорное тело достаточно велико, чтобы достичь Земли, не сгорев полностью в атмосфере, оно становится метеоритом. Многие люди ищут и собирают метеориты; торговля ими идет очень бойко.

Существует два основных типа метеорных тел, имеющих разное происхождение.

- ✓ *Кометные метеорные тела* — это легкие пылевые частицы, которые "обронили" кометы.

- ✓ *Астероидные метеорные тела*, размером от микроскопических частиц до крупных камней, — это в буквальном смысле осколки астероидов, или так называемых малых планет, которые представляют собой каменистые тела, вращающиеся вокруг Солнца (более подробно об астероидах говорится в главе 7).

Поищите на себе космическую пыль

Микрометеорит (т.е. мелкий метеорит, который можно увидеть только в микроскоп) — это либо частица кометного метеорного тела, либо очень мелкое астероидное метеорное тело. Микрометеориты настолько малы, что не создают трения, достаточного для появления свечения атмосферы. Поэтому они просто медленно осыпаются на землю. И вполне вероятно, что прямо сейчас в ваших волосах есть одна-две частички этой космической пыли. Но обнаружить их практически нельзя, потому что их не отличить от миллионов других микроскопических частиц, тоже находящихся на ваших волосах (я вовсе не хочу вас обидеть!).

Ученые собирают микрометеориты с помощью специальных идеально чистых пластин, устанавливаемых на реактивных самолетах, летающих на больших высотах, или с помощью зубчатых намагниченных устройств (похожих на грабли) ученые собирают железные микрометеориты на дне моря.

В экспозиции природоведческих музеев обычно демонстрируют метеориты, представляющие собой астероидные метеорные тела, упавшие на Землю (или, в редких случаях, тело, упавшее на Землю после того, как оно было отколото от Луны или Марса более крупным телом в результате столкновения). Метеорит может быть каменным, железным (и даже нержавеющим, состоящим из сплавов никеля и железа в разных пропорциях) или состоять из обоих этих компонентов. Ученые называют эти три типа метеоритов *каменный*, *железный* и *железокаменный* соответственно, демонстрируя не характерную для научного мира простоту.

Спорадические метеоры, яркие метеоры и болиды

Если ясной темной ночью вы выйдете из дома и увидите "падающую звезду" (вспышку света, порожденную одиноким метеорным телом), то это *спорадический* метеор. Если же в течение ночи наблюдается большое количество метеоров, причем кажется, что все они появляются из одного и того же места на небе, это *метеорный дождь*, одно из самых захватывающих небесных зрелищ.

Метеоры, заметно отличающиеся от других своей яркостью, называются *яркими метеорами* (fireball). Хотя нет официального определения, многие астрономы называют яркими метеоры, которые выглядят ярче Венеры. Но во время наблюдения яркого метеора Венеру может и не видно. Как же тогда определить, к какому типу он относится?

Для определения яркого метеора я использую следующее правило. Если люди, стоящие лицом к метеору, кричат "ох!" и "ах!" (как это обычно происходит), это просто обычный метеор. Но если люди, *глядящие в другую сторону*, внезапно видят ВСПЫШКУ, на краткий миг осветившую все небо и даже землю, как днем, это уже совсем другое дело. Вспышку подобного метеора трудно не заметить, потому что иногда он затмевает самые яркие звезды. Именно такой небесный объект я называю ярким метеором.

Яркие метеоры — вовсе не такая редкость. Если регулярно наблюдать небо темными ночами по несколько часов, то, вполне возможно, вы увидите яркий метеор примерно раза два в год. А вот *дневные яркие метеоры* действительно очень редки. Если в солнечный день вы наблюдаете яркий метеор, то вам очень повезло; причем такой метеор не просто яркий,

а чрезвычайно яркий. Дневные яркие метеоры почти всегда ошибочно принимают за горящий самолет (или ракету), который вот-вот должен потерпеть катастрофу.

Если вы наблюдаете очень яркий метеор (примерно такой же яркости, как полумесяц или ярче) или любой дневной яркий метеор, то знайте: вполне вероятно, что это метеорное тело упадет на землю. Недавно упавшие метеориты обычно представляют значительную научную ценность и к тому же стоят больших денег. Поэтому, если вы увидели яркий метеор, соответствующий этому описанию, запишите следующие сведения, чтобы помочь ученым найти метеорит.

1. **Запишите время наблюдения.**

   И при первой же возможности проверьте, не отстают и не спешат ли ваши часы.

2. **Точно запишите место наблюдения.**

   Конечно, маловероятно, что у вас под рукой окажется терминал глобальной (спутниковой) системы местоопределения (Global Positioning System — GPS), который позволит вам точно определить свои координаты. Но в любом случае вы можете сделать небольшую зарисовку, показывающую, где вы стояли во время наблюдения яркого метеора — обозначьте дороги, здания, большие деревья или любые другие наземные ориентиры.

3. **Сделайте зарисовку неба, показав путь яркого метеора по отношению к горизонту.**

   Даже если вы не уверены, стояли вы лицом к юго-востоку или северо-западу, ваша схема места наблюдения и зарисовка пути метеора поможет ученым определить его траекторию и вероятное место падения на землю.

После появления очень яркого ночного или дневного метеора ученые, интересующиеся этой темой, обычно просят свидетелей данного феномена рассказать о подробностях своих наблюдений. Они собирают информацию такого типа, какую мы только что указали. Затем ученые, сравнивая отчеты людей, которые наблюдали метеор в разных местах, могут примерно определить место его падения на землю. Но появление даже сверкающего метеора бывает вызвано небольшим камнем, который легко уместится на вашей ладони. Поэтому ученым необходимо по возможности сузить область поиска, чтобы иметь хоть какие-то шансы найти метеорит.

Болид (bolide) — это яркий метеор, взрыв которого виден или слышен громкий звук, даже если он не распадается на части. По крайней мере я его определяю именно так, хотя многие люди используют термины "яркий метеор" и "болид" как синонимы. (По поводу этого термина нет официальной договоренности, поэтому даже в самых авторитетных источниках вы можете найти для него различные определения.) Шум, который вы слышите, — это звуковой удар от метеорного тела, пролетающего сквозь атмосферу со сверхзвуковой скоростью.

Если метеор распадается на части, то вы увидите несколько ярких метеоров одновременно, проносящихся рядом в одном направлении. Метеорное тело распадается на части, вероятно, под воздействием аэродинамических сил, так же как самолет, неуправляемо падающий с большой высоты, распадается на куски, даже если его топливо не взрывается.

Яркий метеор часто оставляет за собой светящуюся дорожку. Причем вспышку метеора видно всего несколько секунд, в то время как его светящийся след — или *хвост метеора* (meteor train) — может сохраняться десятки секунд или даже несколько минут. Если этот след виден достаточно долго, то его форма начинает искажаться из-за ветров, дующих на большой высоте, точно так же как буквы, прочерченные в небе самолетом над стадионом, постепенно деформируются от ветра.

Обычно после полуночи наблюдается больше метеоров, чем до полуночи, потому что с 24:00 до 12:00 вы находитесь на "передней" стороне Земли и видите, как на пути нашей планеты сквозь космическое пространство встречаются метеорные тела. А вот с 12:00 до 24:00

вы находитесь на "тыльной" стороне Земли, и метеорные тела, чтобы стать видимыми, должны догнать Землю и войти в ее атмосферу. Метеорные тела можно сравнить с насекомыми, оставляющими следы на лобовом стекле вашей машины. Как известно, во время быстрой езды по автомагистрали на лобовом стекле остается намного больше следов от насекомых, чем на заднем. Причина в том, что лобовое стекло движется *на* насекомых, а заднее — "убегает" от них.

Метеорные потоки

Обычно можно наблюдать на небе только несколько метеоров в час, причем после полуночи их больше, чем до полуночи и (для наблюдателей из Северного полушария) осенью больше, чем весной. Но каждый год в определенное время можно увидеть 10, 20 или даже 50 и больше метеоров в час, особенно темной безлунной ночью вдали от городских огней. Это время метеорных дождей, когда Земля проходит сквозь огромное кольцо, состоящее из миллиардов метеорных тел (или через *метеорный поток*), движущихся вокруг орбиты кометы, их породившей. (Более подробно о кометах говорится ниже в этой главе.) На рис. 4.1 показано, как получается метеорный поток.

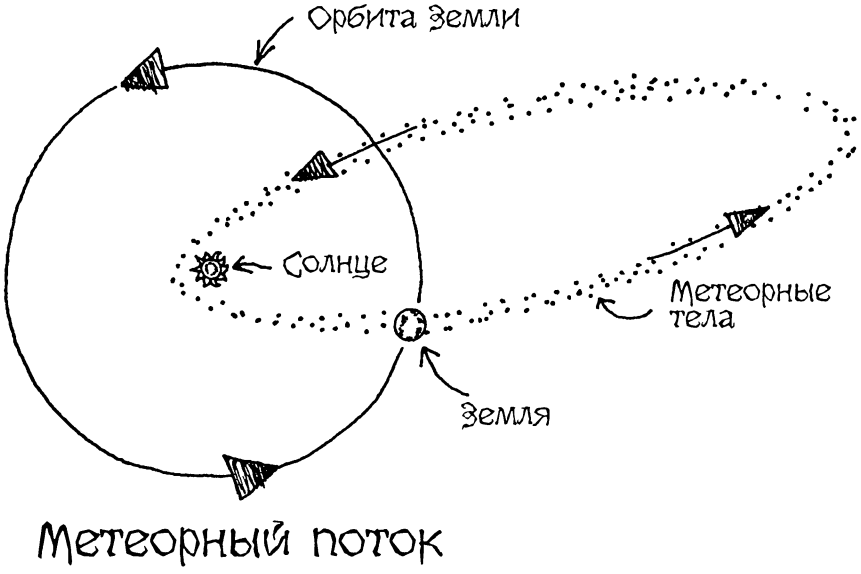


Рис. 4.1. Когда Земля пересекает пояс метеорных тел, мы наблюдаем метеорный поток

Нам кажется, что во время этого "дождя" все метеоры появляются из одной точки на небе, которая называется *радиантом*. Самый известный метеорный поток — это Персеиды, при прохождении Земли через него можно увидеть целых 80 метеоров в час. Персеиды названы так, поскольку кажется, что они появляются со стороны созвездия Персея. Метеорные потоки вообще часто называют по имени созвездий или ярких звезд (таких как η Водолея), расположенных рядом с их радиантом.

Некоторые другие метеорные потоки порождают такие же или даже более интенсивные метеорные дожди, чем Персеиды, но увидеть их удается далеко не всем. Дело в том, что Персеиды появляются в теплые августовские ночи, т.е. в идеальное время для астрономических наблюдений, а другие крупные метеорные потоки — Геминиды и Квадрантиды — можно

увидеть в такие холодные месяцы, как декабрь и январь, когда погода гораздо хуже и активность наблюдателей заметно снижается.

В табл. 4.1 перечислены самые крупные метеорные потоки, появляющиеся ежегодно; указаны также дни, в которые интенсивность метеорных потоков обычно достигает максимума. Одни метеорные дожди продолжаются несколько дней, другие — несколько недель, но только в определенные дни можно увидеть максимальное количество метеоров в час; в остальное время "дождь льет" гораздо слабее. Но Квадрантиды можно наблюдать только на протяжении одной ночи или даже нескольких часов.

Таблица 4.1. Крупнейшие ежегодные метеорные потоки

Название потока	Время максимальной активности	Количество метеоров в час
Квадрантиды	3–4 января	90
Лириды	21 апреля	15
Эта-Аквариды	4–5 мая	30
Дельта-Аквариды	28–29 июля	25
Персеиды	12 августа	80
Ориониды	21 октября	20
Геминиды	13 декабря	100

Радиант Квадрантид находится в северо-восточном углу созвездия Волопаса. Они были названы по имени созвездия, которое можно найти на звездных картах XIX века, но в настоящее время его больше официально не признают. В придачу к потере созвездия, по имени которого они были названы, Квадрантиды, похоже, потеряли и породившую их комету, поскольку их происхождение все еще остается загадкой для астрономов.

Геминиды — это, похоже, единственный метеорный поток, связанный с орбитой астероида, а не кометы. Хотя этот "астероид", скорее всего, представляет собой "мертвую" комету, больше не испускающую газ и пыль, из которых формируется ядро и хвост кометы. (О кометах мы подробнее поговорим в следующем разделе.)

Леониды — это метеорный поток, наблюдаемый примерно 17 ноября ежегодно. Его необычность в том, что из года в год интенсивность потока остается на довольно низком уровне, но каждые 33 года она резко возрастает и остается высокой на протяжении нескольких лет подряд. Например, в ноябре 1966 года и на рубеже столетий (в 1999 и 2001/2002 годах) наблюдался необычайно интенсивный поток Леонид. А 19 ноября 2002 года на Чукотке наблюдался настоящий метеорный шторм[1] — до 3000 метеоров в час!

Вообще говоря, такое количество метеоров в час, какое указано в табл. 4.1, можно увидеть очень редко. Дело в том, что официальные цифры активности метеорного потока соответствуют идеальным условиям наблюдений, которые в реальности бывают чрезвычайно редко. Но метеорные потоки меняются год от года, как и обычные дожди. Иногда можно увидеть столько метеоров в час, сколько указано в таблице, а иногда (хотя и очень редко) — даже больше. Поэтому так важно сохранить точные данные о наблюдении метеоров, если, по вашему мнению, это принесет пользу науке.

Во время наблюдений за метеорами вам понадобятся часы, блокнот и ручка (карандаш), чтобы записывать необходимые данные, а также тусклый фонарик, чтобы видеть, что вы пишете.

[1] *Поток называют метеорным штормом, если количество наблюдаемых метеоров в час превышает 1000.* — Прим. перев.

Красный фонарик для наблюдений

Самый лучший фонарь для астрономических наблюдений — красный. Его можно купить или сделать из обычного фонаря, обернув лампочку красным прозрачным целлофаном. Некоторые астрономы-любители наносят на лампочку тонкий слой красного лака для ногтей. Вы спросите, а зачем вообще нужен именно красный фонарь? Отвечаю: обычный белый будет слепить вас и примерно 10–30 минут (пока глаза не адаптируются) вы не сможете видеть неяркие звезды и метеоры. Кроме того, во время каждого сеанса наблюдения ночного неба нужно дать глазам привыкнуть к темноте.

Лучший способ наблюдать и считать метеоры — лежа в шезлонге. (Конечно, можно просто лечь на одеяло с подушкой, но вы наверняка быстро уснете и пропустите самую интересную часть представления.) Запрокиньте голову, чтобы ваш взгляд был направлен чуть выше точки, находящейся посредине между линией горизонта и зенитом (рис. 4.2). Это оптимальное направление для подсчета метеоров.

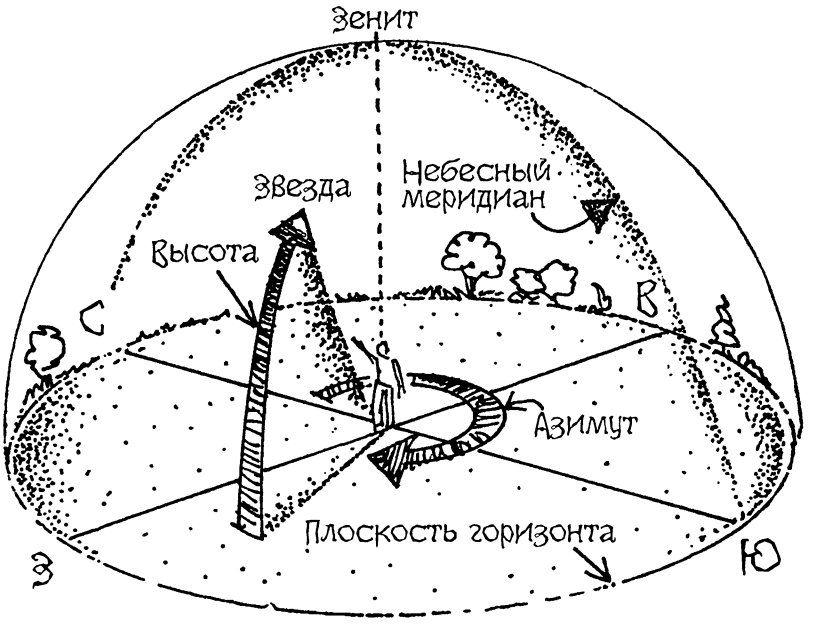


Рис. 4.2. Запрокиньте голову, чтобы ваш взгляд был направлен чуть выше точки, находящейся посредине между линией горизонта и зенитом

Многие люди во время наблюдения метеорных потоков стоят лицом к радианту, но это необязательно. Метеоры будут проноситься по всему небу, и их видимые траектории могут начинаться и заканчиваться далеко от радианта. Но если бы можно было восстановить воображаемые линии траекторий метеоров (в обратном направлении от видимой точки их появления), то все траектории пересеклись бы в радианте. Именно это отличает метеорный поток от спорадических метеоров.

Фотографирование метеоров и метеорных потоков

Ясная и темная безлунная ночь — идеальное время для фотографирования метеоров. Для получения наилучших результатов возьмите несколько устаревший 35-миллиметровый фотоаппарат с ручным управлением или современный, который можно установить на полностью ручное управление. Затем выполните следующие действия.

1. **Возьмите штатный объектив с нормальным фокусным расстоянием (а не телеобъектив или объектив с переменным фокусным расстоянием) и установите его на "бесконечность".**
2. **Установите минимальное значение диафрагмы.**

   Используйте объектив, для которого можно установить значение диафрагмы 5,6 или меньше — чем меньше, тем лучше.
3. **Возьмите фотопленку с чувствительностью ISO 400.**

   Специалисты обычно предпочитают черно-белую пленку, но цветная дает лучшие результаты и в наше время ее, как правило, легче (а иногда и дешевле) проявить.
4. **Установите фотоаппарат на штатив и направьте объектив на точку, находящуюся посредине между линией горизонта и зенитом или немного выше. Неважно, какое направление вы выберете — главное, чтобы не мешали городские огни или другие источники света.**
5. **Установите фотоаппарат на ручную выдержку и оставьте затвор объектива открытым 10–15 минут. Затем отпустите затвор, перемотайте пленку и приступите к съемке следующего кадра.**

   Но если тот участок неба, на который направлен объектив, пересечет яркий метеор, сразу заметьте время этого события и немедленно закройте затвор объектива. Затем приступите к съемке следующего кадра.
6. **Когда пойдете проявлять пленку, попросите "напечатать все негативы".**

   Это очень важно, потому что операторы часто не печатают фотографии ночного неба, поскольку неастроному они могут показаться неудачными или недодержанными.

Метеорный поток фотографируют так же, как отдельный метеор. Но чтобы получить лучшие снимки, подождите, пока радиант (созвездие или участок на небе, со стороны которого, как кажется, идет метеорный поток) не окажется значительно выше линии горизонта, например, под углом 40° или больше, и только тогда направляйте на него свой фотоаппарат. Если вы сделаете несколько снимков метеорного потока с одной выдержкой, следы метеоров будут напоминать спицы велосипедного колеса, сходящиеся в одной точке — радианте.

Примечание по поводу высоты. Точка, находящаяся у вас прямо над головой, или зенит, находится на высоте 90°, а линия горизонта — на высоте 0°, поэтому точка посредине между ними находится на высоте 45°, а точка, которая на две трети выше горизонта, — на высоте 60° и т.д.

Если стоять лицом к радианту, можно увидеть несколько метеоров, хотя и ярких, но с очень короткими траекториями. Траектории кажутся короткими, потому что метеоры летят почти прямо на вас. Но, к счастью, элементы метеорных потоков очень мелкие и не достигают земли.

Подробную информацию о метеорах и кометах можно найти на сайте Североамериканской метеорной сети (`Web.InfoAve.Net/~meteorobs`), на сайте Гэри Кронка (`comets.amsmeteors.org`) и на сайте Международной метеорной организации (`www.imo.net`).

Все о кометах

Кометы, гигантские сгустки льда и грязи, медленно движутся по небу и выглядят как расплывчатые пятна, за которыми тянется газовый шлейф; они появляются из глубин Солнечной системы. Эти космические странники всегда вызывали к себе интерес. Каждые 75–77 лет знаменитая комета Галлея приближается к Солнцу и Земле. Если вам не удалось увидеть ее в 1986 году, то попробуйте повторить попытку в 2061! Не хотите ждать так долго? Что ж, есть и другие кометы. Например, менее знаменитая комета Хейла–Боппа (недавно приближавшаяся к Земле) гораздо ярче кометы Галлея.

Многие люди путают метеоры и кометы, но отличить их легко. Вспышка, порожденная метеором, длится секунды, а комета видна на протяжении нескольких дней, недель и даже месяцев. Метеоры быстро проносятся в небе и вспыхивают на краткий миг, потому что входят в атмосферу Земли на расстоянии примерно 150 км от наблюдателя. А при наблюдении за кометами кажется, что они движутся медленно, потому что их отделяют от нас многие миллионы километров. Метеоры — это довольно частое явление, а кометы, которые легко увидеть невооруженным глазом, появляются в среднем только раз в год или еще реже.

Раньше астрономы описывали кометы как состоящие из головы и хвоста (или хвостов). Впоследствии яркую световую точку в голове кометы стали называть *ядром*. Сегодня мы знаем, что ядро — это и есть комета, так называемый "грязный снежок", смесь льда, замерзших газов (например, угарного и углекислого газов) и твердых частиц (пыли или грязи) (рис. 4.3). Все остальные видимые части кометы — это просто результат испарения льда ядра.

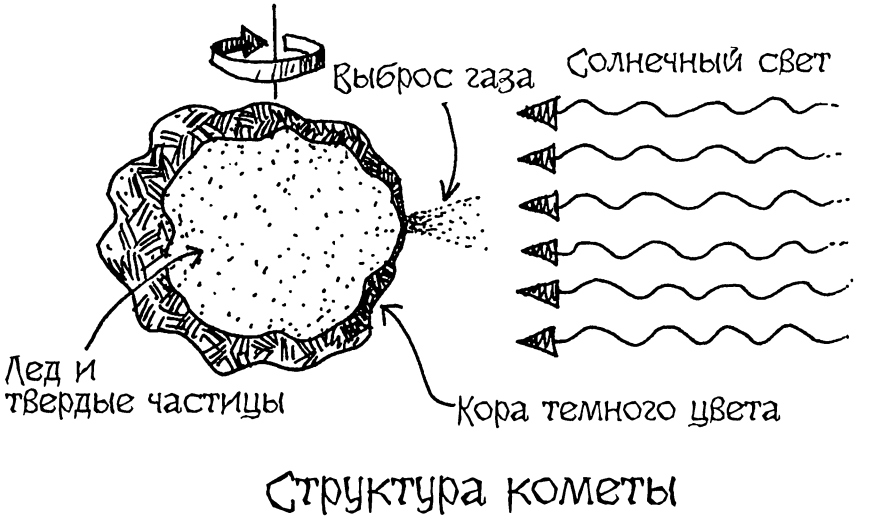


Рис. 4.3. Комета – это, в сущности, грязный снежок

Структура кометы: голова и хвост

Если комета находится далеко от Солнца, она представляет собой только ядро; у нее еще нет ни головы, ни хвоста. Диаметр этого ледяного шара может составлять десятки километров или всего пару километров. По астрономическим стандартам это очень мало, и поскольку ядро светится только отраженным светом Солнца, далекая комета почти не видна и поэтому ее трудно обнаружить.

Фотографии ядра кометы Галлея, сделанные с помощью зонда Европейского космического агентства (European Space Agency — ESA), показали, что этот ледяной комок неправиль-

ной формы имеет кору темного цвета (очень похоже на шарик ванильного мороженого, политый шоколадом). Увы, кометы не так вкусны, но зато для глаз это — истинное наслаждение! Но стоит только Солнцу немного нагреть поверхность ядра, и из него, как гейзеры, в окружающее пространство начинают вырываться струи газа и пыли. (Ну и кора! Толку никакого!)

По мере того как комета приближается к Солнцу, лед ее ядра начинает испаряться и потоки газа и пыли выбрасываются в космос. Газ и пыль образуют вокруг ядра что-то вроде туманного светящегося облака, которое называется *кома* (coma); этот термин происходит от латинского слова "волосы" и не имеет ничего общего с коматозным состоянием больного (шутка). Почти все путают кому с головой кометы, но голова, строго говоря, состоит из комы и ядра.

Свечение комы кометы — это отчасти свет Солнца, отраженный миллионами мельчайших пылевых частиц, а отчасти слабое излучение, исходящее от атомов и молекул комы.

Пыль и газ, содержащиеся в коме кометы, подвергаются действию возмущающих сил, поэтому у кометы образуются хвосты.

Под воздействием солнечного ветра пылевые частицы отбрасываются в направлении, противоположном Солнцу (рис. 4.4), формируя *пылевой хвост* кометы.

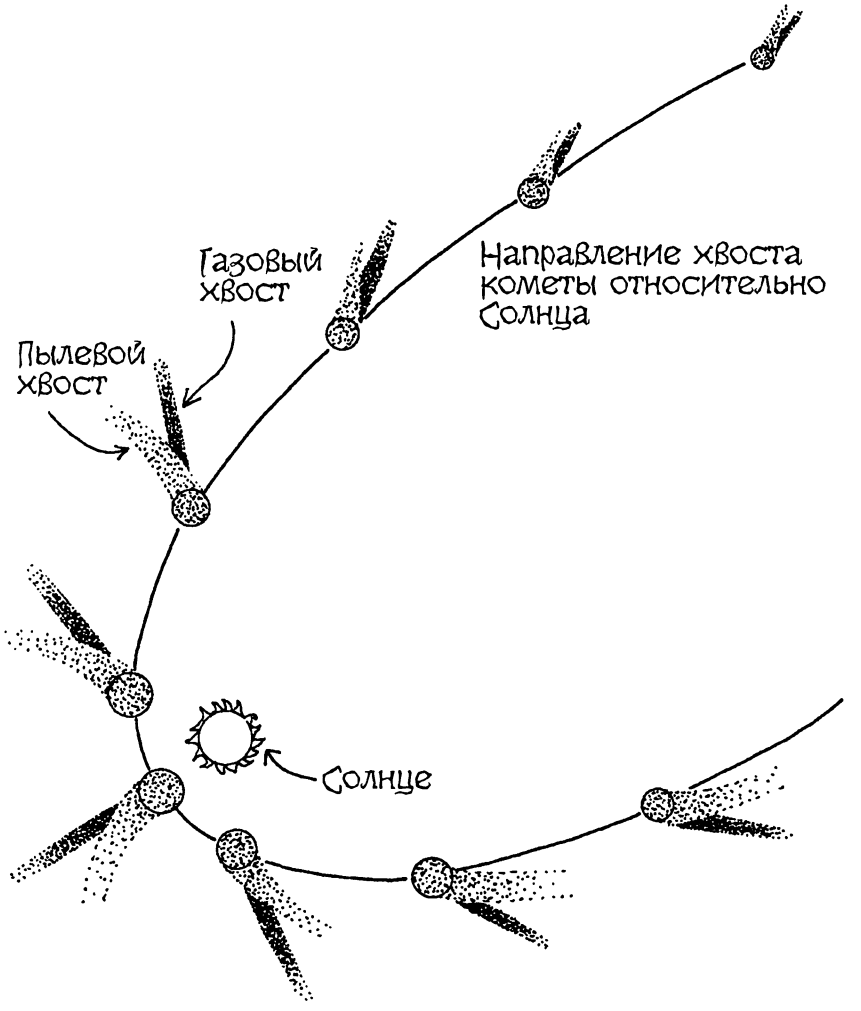


Рис. 4.4. Хвост кометы направлен в противоположную от Солнца сторону

Пылевой хвост светится отраженным светом Солнца. Он ровный, иногда с легким искривлением, и бледно-желтый.

Снова кома?

Первое правило наблюдения комет: подальше из города! Хотя ядро кометы может быть только 8–16 км в диаметре, кома, формирующаяся вокруг него, достигает иногда десятков тысяч или даже сотен тысяч километров в диаметре. Газы выделяются из ядра точно так же, как дым из сигареты. Рассеиваясь, они постепенно исчезают из виду. Поэтому размер комы кометы зависит не только от того, сколько вещества выделяет комета, но и от чувствительности человеческого глаза либо фотопленки (или электронного датчика). Видимый размер комы также зависит от степени темноты неба. Яркая комета в центре города кажется намного меньше, чем за городом, где небо гораздо темнее.

Некоторая часть газа в коме *ионизируется*, т.е. приобретает электрический заряд, под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца. В этом состоянии газы подвергаются воздействию *солнечного ветра*, невидимого потока электронов и протонов, излучаемого Солнцем в космическое пространство (подробнее — в главе 10). Солнечный ветер отбрасывает электризованный кометный газ в направлении, также противоположном Солнцу, в результате чего образуется *ионный* или *плазменный хвост* кометы. Плазменный хвост — это как ветроуказатель в аэропорту: он показывает астрономам, наблюдающим комету, в какую сторону "дует" солнечный ветер в той точке космоса, где находится комета.

В отличие от пылевого хвоста, плазменный хвост кометы голубого цвета и "волокнистый" на вид, а иногда даже перекрученный или разорванный.

Иногда некоторая часть плазменного хвоста отрывается от кометы и улетает в направлении, которое "указывает" хвост. Затем у кометы (как у ящерицы) формируется новый плазменный хвост. Длина хвостов кометы может составлять от миллионов до сотен миллионов километров.

Когда голова комета обращена к Солнцу, ее хвост (или хвосты) развеваются за ней. Когда комета, обогнув Солнце, направляется за пределы Солнечной системы, ее хвост по-прежнему направлен в противоположную от Солнца сторону, так что теперь комета следует за своим хвостом! Таким образом, комета ведет себя по отношению к Солнцу, как придворный — по отношению к императору: никогда не поворачивается к своему господину спиной. Как показано на рис. 4.4, комета может двигаться по часовой или против часовой стрелки, но в любом случае ее хвост всегда будет направлен в противоположную от Солнца сторону.

Кома и хвосты кометы — это составляющие процесса ее исчезновения. Ядро выделяет газ и пыль, формируя кому, а хвосты уже потеряны кометой навсегда — они просто рассеиваются. К тому времени, как комета уйдет далеко за орбиту Юпитера (а именно оттуда появляется большинство комет), от нее снова останется только одно ядро. Но пыль, которую она потеряла, в один прекрасный день может "выпасть" на Землю метеорным дождем, если пересечет ее орбиту.

"Кометы века"

Каждые несколько лет появляется комета, достаточно яркая и удачно расположенная в небе, так что ее можно легко видеть невооруженным глазом или с помощью небольшого бинокля. Я не могу сказать, когда прилетит такая комета, потому что кометы, появление которых в ближайшем будущем точно предсказывают астрономы, не будут особенно яркими. Но дело в том, что почти все яркие и удивительные по красоте кометы были открыты, а не предсказаны.

Комета Галлея — это единственная яркая комета, появление которой можно точно предсказать, но она прилетает нечасто. О ее появлении в 1910 году широко возвещали повсюду, и все ходили на нее смотреть. Но в том же году появилась еще более яркая Великая комета 1910 года, хотя этого никто не предсказывал. Поэтому нужно просто постоянно наблюдать и ждать. Сле-

дите за сообщениями о новых кометах в астрономических журналах и на Web-сайтах (адреса которых приведены ниже), а затем проводите наблюдения в указанных направлениях. Или будьте первым — откройте новую комету, сообщите о ней, и ее назовут вашим именем.

Каждые 5–10 лет появляется комета настолько яркая, что ее провозглашают "кометой века". Что поделать, у людей короткая память. Будьте упорны и настойчивы, и у вас появится шанс открыть свою "комету века".

- ✓ В 1967 году комета Икея–Секи (Ikeya–Seki) была видна рядом с Солнцем при ярком свете дня — достаточно было просто заслонить яркий солнечный диск большим пальцем руки. Ни я, ни мой загорелый палец никогда не забудем этого зрелища.
- ✓ В 1976 году комета Уэста (West) была видна невооруженным глазом в ночном небе над центром Лос-Анджелеса, одним из наихудших мест для наблюдения небесных объектов изо всех, которые я знаю.
- ✓ В 1983 году можно было увидеть (невооруженным глазом), как комета ИРАС–Араки–Олкока (IRAS-Araki-Alcock)[2] буквально движется по ночному небу. Напомню, что большинство комет движутся на фоне неба так медленно, что заметить это движение можно, только если наблюдать за ними не меньше часа.

И в 1990-х годах откуда-то из глубин Вселенной появились яркие кометы Хиякутаке и Хейла–Боппа, которые наблюдали миллионы людей во всем мире.

На многих Web-сайтах профессиональные астрономы и астрономы-любители предоставляют информацию о видимых в настоящее время кометах, а также их фотографии. Но в большинстве случаев эти кометы слишком тусклые, и увидеть их можно с помощью далеко не всех, а только самых современных любительских телескопов. Ниже приведены адреса трех лучших Web-сайтов, посвященных кометам; посещайте их регулярно, чтобы ничего не пропустить.

- ✓ Начальная страница наблюдения комет Лаборатории реактивного движения NASA (NASA's Jet Propulsion Laboratory) (`encke.jpl.nasa.gov`).
- ✓ Страница текущих комет, включающая историю и наблюдения (`medicine.wustl.edu/~kronkg/current_comets.html`).
- ✓ Посвященная кометам страница журнала *Sky & Telescope*, где даются советы по поводу того, как наблюдать и фотографировать кометы (`www.skypub.com/sights/comets/comets.html`).

Охота за своей Великой кометой

Найти комету на небе несложно, но сделать это первым, открыть "свою" комету — гораздо труднее. На это потребуются долгие годы упорных наблюдений. Знаменитый современный "охотник за кометами" Дэвид Леви систематически изучал небо в течение 9 лет, прежде чем обнаружил свою первую комету. С тех пор ему удалось найти свыше 20 комет.

Искать кометы можно двумя способами — простым и систематическим.

Для поиска комет лучше всего использовать "короткофокусный" телескоп, т.е. телескоп с малым относительным отверстием (что аналогично диафрагме фотоаппарата) — 5,6 или, лучше всего, 4. Еще нужно использовать маломощный окуляр, например 20х–30х. Смысл этих параметров в том, чтобы просматривать в телескоп как можно большую область неба. Ведь ярких комет, которые можно открыть, мало и они очень редки.

---

[2] *Первым ее обнаружил космический аппарат ИРАС, а потом еще два независимых наблюдателя — Г. Араки (Япония) и Дж. Олкок (Англия).*

Поиск комет простым способом (наудачу)

Самый простой способ найти комету — это вообще не прилагать никаких усилий. Просто, наблюдая ночное небо в бинокль или телескоп, обращайте внимание на размытые пятна (этим кометы отличаются от звезд, которые выглядят как отчетливые, а не расплывчатые, световые точки, если, конечно, ваш бинокль сфокусирован). Затем сверьтесь со звездным атласом, чтобы выяснить, должен ли в этом месте находиться объект, который выглядит, как размытое пятно (например, туманность или галактика).

И, самое главное, подождите несколько часов; если восходит солнце или облака закрывают небо, повторите попытку следующей ночью. Если найденный вами объект — комета, то он немного переместится на фоне звезд. Если объект достаточно яркий, то, вполне возможно, у кометы есть хвост, что выдает ее с головой.

Систематический поиск комет

При систематическом поиске комет руководствуются следующим правилом: кометы лучше всего искать там, где они самые яркие, т.е. как можно ближе к Солнцу, и легче всего увидеть там, где небо самое темное, т.е. как можно дальше от Солнца. (Даже если Солнце село, небо на западе еще достаточно долго остается более светлым, чем в остальной части; а на востоке небо становится светлее, чем в остальной части, задолго до рассвета.)

Поэтому, чтобы найти компромисс между этими, казалось бы, взаимоисключающими требованиями (как можно ближе к Солнцу и в то же время как можно дальше от него), ищите кометы на востоке перед рассветом в той части неба, которая находится:

- ✓ минимум в 40° от Солнца (которое в это время ниже горизонта);
- ✓ не более чем в 90° от Солнца.

Помните, что полный небесный круг составляет 360°, так что 90° — это одна четверть круга.

Что в имени тебе моем?

Если вы откроете комету, то ее назовут вашим именем и, возможно, именами еще одного-двух человек, которые сообщат о ней.

Если вы откроете астероид, то сможете рекомендовать другого человека, по имени которого его назовут, но не себя.

Если вы откроете метеор, то времени назвать его не будет, потому что он падает очень быстро. Конечно, вы можете попробовать крикнуть, например, "Вася!!!", но ничего не добьетесь и только привлечете ненужное внимание к своей персоне. Имена получают только самые эффектные метеоры, которые видны тысячам людей в том географическом районе, где они появились. Им дают имена вроде "Великий дневной метеор 10 августа 1972 года".

Если вы найдете метеорит, он будет назван по имени города или местности, где его нашли.

С помощью компьютерной программы-планетария можно составить карту районов неба, удовлетворяющих этим условиям для каждой конкретной ночи года. И, конечно, вы можете искать кометы на западе после заката, следуя двум приведенным выше правилам. По собственному опыту могу сказать, что первые несколько "комет", которые вы откроете, будут инверсионными следами реактивных самолетов, которые, находясь на большой высоте, отражают солнечный свет даже после захода солнца.

Начните в углу неба, в котором вы планируете искать, и медленно просмотрите в телескоп этот участок. Затем переместите телескоп немного вверх или вниз и просмотрите следующую полоску неба в области поиска. Можно просматривать небо только слева направо либо сначала слева направо, а затем, возвращаясь, справа налево.

Конечно, гораздо легче произвести впечатление на друзей своими рассказами о методах поиска комет, чем открыть комету на самом деле. Но в случае успеха, т.е. если вы на самом деле откроете комету, следуйте указаниям, приведенным на Web-сайте Центрального бюро Международного астрономического союза и сообщите о своем открытии по электронной почте. Адрес сайта: `cfa-www.harvard.edu/iau/cbat.html`.

Ложные сообщения не приветствуются, поэтому, прежде чем кричать о своем открытии, попросите кого-нибудь из своих друзей-астрономов проверить ваши слова. Если же открытие подтвердится, то вы, как астроном-любитель, открывший комету, можете получить денежную премию Эдгара Вилсона (все подробности можно узнать на Web-сайте Центрального бюро по адресу `cfa-www.harvard.edu/iau/special/EdgarWilson.html`).

Но даже если вы, как и большинство астрономов, никогда не откроете комету, можете наслаждаться зрелищем комет, открытых другими.

Искусственные спутники: предмет любви и ненависти астрономов

Искусственный спутник — это аппарат, созданный людьми, запущенный в космос и летающий вокруг Земли. Эти спутники помогают людям предсказывать погоду, следить за Эль-Ниньо[3], передавать телевизионные программы и выполнять некоторые стратегические военные функции.

Телескоп "Хаббл" — это искусственный спутник, который очень любят астрономы. С его помощью мы впервые получаем изображения далеких звезд и галактик, а также видим Вселенную в ультрафиолетовом и инфракрасном свете, который не пропускают толстые слои земной атмосферы.

Но искусственные спутники могут отражать лучи не только заходящего Солнца, но и Солнца, которое уже село для наблюдателей, находящихся на поверхности Земли. В результате спутник в виде светящейся точки появляется на темном небе, когда астроном установил выдержку для съемки тусклых звезд. Естественно, такая помеха никому не нравится. Хуже того, некоторые искусственные спутники передают информацию на радиочастотах, совпадающих с частотой спутниковых антенн-"тарелок", которые астрономы используют для поиска радиосигналов из космоса. Возможно, эти радиоволны шли к Земле 5 миллиардов лет от квазара или 5000 лет из другой солнечной системы Млечного Пути. А вдруг они несут приветствие благожелательно настроенных инопланетян, которые хотят прислать нам рецепт исцеления от рака? Но именно в тот момент, когда эти сигналы достигнут Земли, их перекроют помехи от спутника, пролетающего над обсерваторией. И мы никогда не услышим зова издалека и даже не узнаем о нем!

Поэтому астрономы любят спутники за пользу, которую они приносят, и ненавидят за то, что они мешают наблюдениям. И, стараясь не падать духом, астрономы-любители с энтузиазмом наблюдают и фотографируют пролетающие в небе искусственные спутники.

Наблюдение искусственных спутников

Вокруг Земли вращаются сотни действующих искусственных спутников, а также тысячи фрагментов "космического мусора" — неработающие спутники, верхние ступени ракет для запуска спутников, фрагменты разбитых и даже взорвавшихся спутников и мельчайшие частички краски спутников и ракет. Космический "челнок" — это пилотируемая ракета, но в космосе она становится искусственным спутником. Крупные спутники и фрагменты косми-

[3] *Климатическое явление, проявляющееся в резком повышении температуры поверхностного слоя воды на востоке экваториальной области Тихого океана и вызывающее природные катаклизмы в разных регионах планеты.*

ческого мусора можно увидеть даже невооруженным глазом (поскольку они отражают солнечный свет), а мощная радиолокационная станция дальнего обнаружения позволяет следить даже за очень мелкими фрагментами.

Лучший способ начать наблюдать за искусственными спутниками — попробовать обнаружить крупные (Международная космическая станция и космический челнок) и яркие (телекоммуникационные спутники Iridium[4]). По крайней мере, наблюдение искусственных спутников может стать утешением для начинающего астронома. Прогнозы появления комет и метеорных потоков часто оказываются неточными. Кометы всегда кажутся более тусклыми, чем можно было ожидать, а метеорные дожди оказываются не такими интенсивными, как было объявлено. А вот прогнозы по поводу наблюдения искусственных спутников обычно точны. Только представьте, как вы сможете поразить друзей, если ясным вечером выведете их из дома, посмотрите на часы и скажете: "Так, международная космическая станция должна появиться (в этот момент вытяните руку в нужном направлении) с минуты на минуту". И она действительно появится!

- ✓ Такие спутники, как телескоп "Хаббл" или Международная космическая станция, обычно выглядят как равномерно движущиеся световые точки. Искусственные спутники движутся слишком медленно для метеора и слишком быстро для кометы. Их легко видно невооруженным глазом, поэтому они слишком яркие (и слишком быстрые) для астероида.
- ✓ Иногда за спутник можно принять летящий на большой высоте реактивный самолет. В этом случае достаточно посмотреть в бинокль. Если это самолет, то на фоне ночного неба вы сможете различить бортовые огни или даже силуэт самолета. Кроме того, если вокруг достаточно тихо, то можно услышать звук работающих двигателей самолета. Если же это спутник, то вы ничего не услышите.
- ✓ Спутник Iridium — это совершенно другое дело. Обычно он выглядит как движущаяся полоска света, которая становится удивительно яркой, а затем через несколько секунд тускнеет. Этот спутник летит намного медленнее, чем метеор. При этом он иногда светится ярче Венеры, и по яркости на ночном небе уступает только Луне. Все дело в том, что одна из плоских алюминиевых антенн спутника отражает свет Солнца, уже опустившегося за горизонт. На "звездных вечеринках", завидев спутник Iridium, люди издают радостные возгласы и аплодируют, как будто они увидели яркий метеор. Иногда вспышки от спутника Iridium можно увидеть даже при свете дня.

И еще: спутников Iridium больше 60. Они мешают астрономическим наблюдениям, и астрономы хотели бы избавиться от них, но зато благодаря этим спутникам можно видеть в небе необычно яркие вспышки.

---

[4] *Спутниковая система подвижной связи Iridium, которая относится к классу низкоорбитальных систем (спутники находятся на высоте примерно 1000 км над поверхностью Земли) и в которую входит орбитальная группировка из 66 спутников, была создана в 1998 году; стоимость проекта составила больше 5 миллиардов долларов. Вскоре компания попала под процедуру банкротства, но в 2000 году была выкуплена группой инвесторов. В марте 2001 года коммерческая эксплуатация системы была возобновлена. Военные действия в Ираке дали новый мощный толчок развитию глобальных систем спутниковой связи, в результате чего впервые за свою историю Iridium Satellite LLC рассчитывает получить прибыль по итогам 2003 года. Система Iridium будет работоспособна до 2013 года.*

Как найти прогнозы о наблюдении спутников

Подробную информацию о наблюдении спутников можно найти на следующих сайтах.

- ✓ *Sky & Telescope* предоставляет информацию о наблюдении Международной космической станции для 500 городов по всему миру (`www.skypub.com/sights/satellites/satellites.html`).
- ✓ Самые лучшие прогнозы о наблюдении телекоммуникационных спутников Iridium можно найти на Web-сайте по адресу `www.heavens-above.com`.

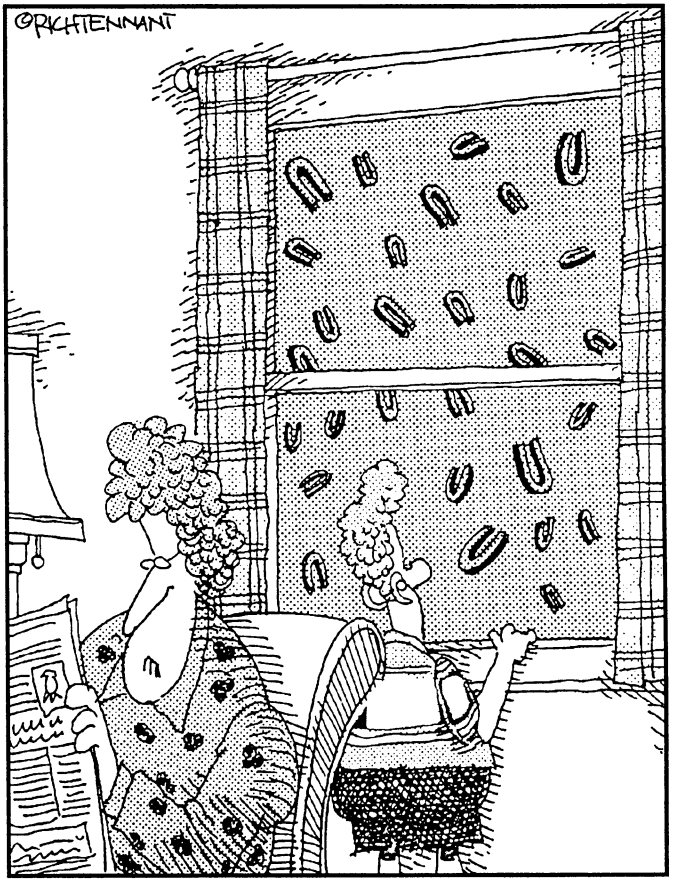
Чтобы воспользоваться прогнозами для спутников Iridium, вы должны знать координаты (широту и долготу) своего места наблюдения, но их нетрудно определить. На Web-сайте GSOC приведен список этих координат для 1500 крупных и малых городов.

Когда вы увидите яркие точки искусственных спутников, можете попытаться сфотографировать их. Для этого следуйте указаниям врезки "Фотографирование метеоров и метеорных потоков", приведенной выше в этой главе. Вам понадобится только подходящий фотоаппарат (на котором можно вручную устанавливать выдержку), устойчивый треножник и чувствительная фотопленка.

Что ж, поздравляю: теперь вы знакомы с ночными визитерами и можете приступить к изучению их окружения.

Часть II

Солнечная система



"Дорогой, я думаю, это магнитная буря".

В этой части...

Знаете, что? Я думаю, мужчины вовсе не с Марса, а женщины — не с Венеры. Ни на одной из этих планет нет жизни в том виде, в котором мы ее знаем. На Венере слишком жарко, на Марсе слишком холодно, и ни там, ни там вообще нет воды в жидком состоянии. В этой части говорится о том, что на самом деле представляют собой планеты Солнечной системы. Была ли когда-нибудь жизнь на Марсе? А как насчет Европы, спутника Юпитера? Я расскажу, что об этом известно ученым на данный момент.

И если вы хоть раз смотрели фильм из серии "о Боже, гигантский астероид движется к Земле!", то, наверное, вас интересует, стоит ли волноваться по этому поводу. В этой части есть глава, посвященная астероидам, из которой вы узнаете всю правду о риске их столкновения с Землей.

Глава 5

Земля и ее спутник Луна

В этой главе...

- Планета Земля
- Понятие о времени и временах года
- Фазы Луны и наблюдение затмений
- Лунные кратеры

Как правило, люди считают, что планеты — это такие небесные объекты, как Юпитер или Марс. Древние греки — как и многие другие народы после них, — проводили различие между Землей, которую они считали центром Вселенной, и планетами. А планетами называли маленькие светящиеся точки в небе, которые вращались вокруг Земли.

Сегодня мы знаем больше. Земля не является ни центром Вселенной, ни даже центром Солнечной системы; центр последней — Солнце. Луна обращается вокруг Земли наряду с сотнями искусственных спутников. И вместе с Землей вокруг Солнца вращаются еще восемь планет, их спутники, пояс астероидов и другой космический мусор. И, тем не менее, насколько нам известно, жизнь в Солнечной системе существует только на Земле.

В представлении человека Земля утратила свое высокое положение центра Вселенной, чтобы получить настоящий, не менее важный статус нашей родной планеты. И на самом деле в Солнечной системе нет другого такого же "домашнего" места.

Астрономы называют Землю *планетой земной группы* (terrestrial). Может показаться, что это определение из серии "масло масляное", поскольку к какой еще группе может относиться Земля? Но в научном определении планета земной группы — это одна из ближайших к Солнцу планет, по своей плотности, размерам и внутреннему строению сходная с Землей. В Солнечной системе существует четыре планеты земной группы — Меркурий, Венера, Земля и Марс (в порядке удаления от Солнца).

Некоторые считают, что Луна — тоже планета земной группы и рассматривают систему "Земля–Луна" как двойную планету. Наверное, это хорошая идея с точки зрения инопланетян, собирающихся посетить нас: "Направляйтесь к этой желто-белой звезде в секторе 49 832 Руки Ориона на Млечном Пути и ищите третью планету от Солнца; это двойная планета, которую очень легко обнаружить".

Земля: что в ней особенного?

И в самом деле — что же в ней особенного? А вот что. Земля — это единственная известная нам планета, имеющая следующие характеристики.

- ✓ **Наличие на поверхности воды в жидком состоянии.** На Земле, в отличие от любой другой планеты, есть озера, реки и океаны. Океаны занимают больше 70% поверхности Земли.

- ✓ **Большой процент кислорода в воздухе**. В воздухе Земли содержится 21% кислорода; в нынешней атмосфере остальных планет присутствуют только следы кислорода.
- ✓ **Тектоника плит, или дрейф континентов**. Кора Земли состоит из огромных движущихся каменных плит; когда плиты сталкиваются, происходят землетрясения и поднимаются новые горы. Дно океана расширяется, и в районе океанических хребтов образуется новая кора.
- ✓ **Активные вулканы**. Горячая расплавленная порода, поднимающаяся из глубин земли, формирует огромные вулканические образования, такие как Гавайские острова. Каждый день где-нибудь на Земле происходит извержение вулкана.
- ✓ **Жизнь, разумная или не очень**. О разумности можете судить сами, но на Земле присутствует множество разнообразных форм жизни, от одноклеточных амеб, бактерий и вирусов до цветов и деревьев, рыб и птиц, насекомых и млекопитающих.

Существуют признаки того, что у Марса и Венеры когда-то тоже были некоторые из этих характеристик (подробнее — в главе 6). Но, насколько нам известно, в настоящее время они этими свойствами не обладают.

Ученые считают, что присутствие на поверхности Земли воды в жидком состоянии — это одна из главных причин возникновения на ней жизни. Можно легко представить себе развитые формы жизни в других мирах — нечто подобное мы часто видим в фантастических фильмах. Но все это — только плод нашего воображения. И несмотря на некоторые недавние заявления, у ученых нет убедительных доказательств существования жизни в какой-либо форме, в прошлом или в настоящем, нигде, кроме Земли.

Сферы влияния на Земле

На рис. 5.1 показаны четыре картинки Земли из космоса. Ясно видны очертания континентов, океаны и облака.

Ученые различают следующие оболочки Земли (или геосферы):

- ✓ литосферу, *т.е. твердую (каменную) оболочку Земли;*
- ✓ гидросферу, *которая включает воду океанов, рек, озер и других водных ресурсов;*
- ✓ криосферу, *т.е. ледовый покров Земли — в основном, в Арктике, Антарктике и Гренландии;*
- ✓ атмосферу, *т.е. воздушный слой над землей толщиной в тысячи километров;*
- ✓ биосферу, *включающую все формы жизни на суше, в воздухе, в воде и под землей.*

Так что мы — часть биосферы, которая живет на литосфере, пьет из гидросферы, возможно, катается на криосфере или использует ее для охлаждения напитков и дышит атмосферой. Я не знаю другого места в космосе, где мы могли бы делать все то же самое.

Помимо всех описанных выше оболочек, существует еще одна, причем очень важная, — *магнитосфера*, которая играет заметную роль в защите Земли от ультрафиолетового и других жестких излучений Солнца, о чем мы поговорим в главе 10. Магнитосфера порождается геомагнитным полем, о котором пойдет речь в следующем разделе.

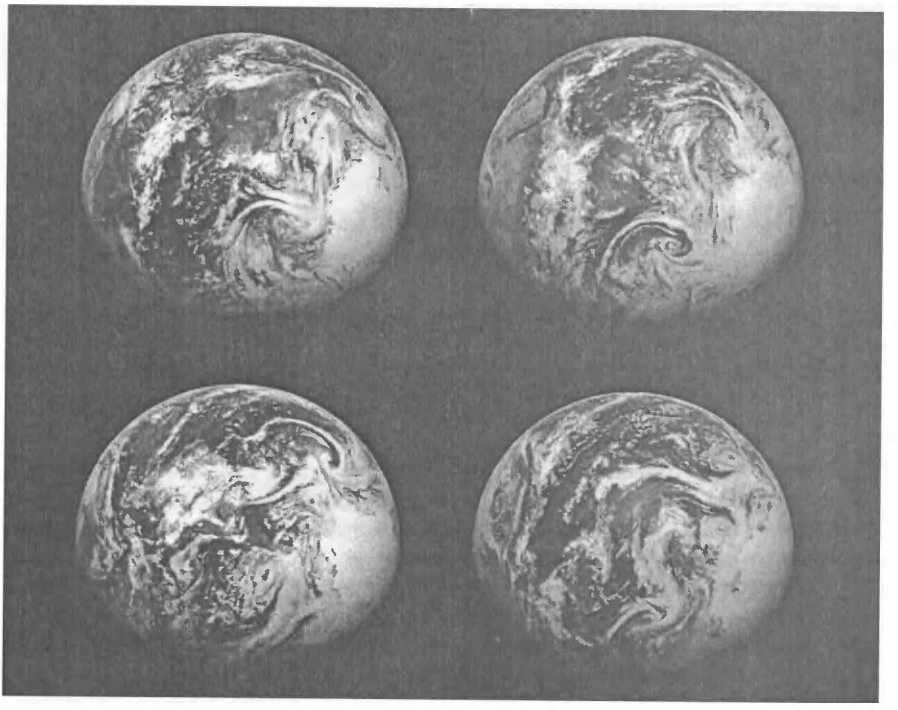


Рис. 5.1. Четыре картинки Земли из космоса, показывающие, как меняется ее лик

Фотография любезно предоставлена NASA

Магнитосфера

Магнитосферу иногда называют поясами земного излучения, или поясами излучения Ван-Аллена[1]. Она состоит из заряженных частиц, в основном, электронов и протонов, которые хаотично движутся над Землей, захваченные ее магнитным полем.

Время от времени некоторые электроны "вырываются на свободу" и, попадая в находящуюся под магнитосферой атмосферу, ударяют атомы и молекулы, заставляя их светиться. В результате получается *полярное сияние — северное*, которое наблюдается в Северном полушарии, и *южное*, наблюдаемое в Южном полушарии. Во врезке, помещенной в конце главы, подробно говорится о наблюдении полярных сияний.

Магнитное поле Земли

Твердая поверхность Земли, на которой вы стоите, — это кора. Под корой находится мантия, а еще глубже — ядро. Ядро в основном состоит из расплавленного железа и никеля; температура в центре ядра достигает 6200°C. Ядро тоже состоит из слоев: внешний находится в расплавленном состоянии, а внутренний — твердый.

Причиной затвердения расплавленного железа во внутреннем слое ядра считается чрезвычайно высокое давление верхних слоев. И по мере остывания Земли на протяжении будущих миллионов лет твердая часть ядра будет увеличиваться в размере за счет окружающей расплавленной части ядра, так же как кубик льда увеличивается, когда окружающая его жидкость становится холоднее.

---

[1] *Джеймс Ван-Аллен (James Van Allen) — американский физик, открывший пояса излучения с помощью первого американского искусственного спутника Explorer 1.*

Ядро Земли намного глубже, чем мы могли бы докопаться при всем желании, но оно создает эффекты, которые все могут наблюдать на поверхности. Движущиеся потоки расплавленного железа во внешнем ядре генерируют магнитное поле, которое охватывает всю планету и простирается далеко в космос. Оно называется *геомагнитным полем*.

Геомагнитное поле:

- ✓ заставляет стрелку компаса указывать в определенном направлении;
- ✓ создает невидимую систему ориентации для почтовых голубей, перелетных птиц и даже живущих в океане бактерий;
- ✓ формирует магнитосферу высоко над Землей;
- ✓ защищает Землю от летящих из космоса заряженных частиц — солнечного ветра и многих видов космического излучения.

Геомагнитное поле — это *глобальное планетарное магнитное поле*. Это означает, что оно охватывает всю Землю и генерируется непрерывно. Ни на Марсе, ни на Венере, ни на Луне нет глобального магнитного поля, как на Земле, и этот важный факт позволяет ученым делать выводы относительно ядра данных небесных тел. В частности, о ядре Луны речь пойдет в разделе "Гигантское столкновение. Теория происхождения Луны" в этой главе.

Расширение дна океана

Согласно результатам геофизических исследований, по обеим сторонам срединно-океанических хребтов существует "узор" намагниченной породы. Намагничивание породы происходило по мере ее остывания из расплавленного состояния, что привело к фиксации определенного направления магнитного поля, которое действовало во время затвердевания породы. Поэтому породы на океанском дне — это магниты, поле которых имеет определенную силу и направление. После затвердения породы ее магнитное поле уже не может измениться; теперь это магнитное поле представляет собой "окаменелость", такую же, как окаменелые остатки динозавров, которые навсегда останутся такими, какими были в момент смерти.

"Узор", обнаруженный возле срединно-океанических хребтов, состоит из полосок намагниченной породы длиной в сотни километров, параллельных хребту и чередующихся по направлению магнитного поля. У одной полоски магнитное поле направлено на север, у следующей — в противоположном направлении, т.е. на юг, и т.д.

Вы спросите, почему я говорю обо всех этих вещах на дне океана в книге по астрономии? Потому что это необычное свойство Земли может быть связано с феноменом, открытым на Марсе. Ученые, собирая различные сведения о планетах земной группы, включая Землю, находят сходства и различия, которые помогают лучше понять происходящие процессы. Такой вид исследований называется *сравнительной планетологией* и более подробно о ней мы поговорим при описании Марса и Венеры в главе 6.

Чередующиеся полоски с противоположной магнитной ориентацией сформировались в результате того, что в центре срединно-океанических хребтов появлялась новая порода, которая остывала, намагничивалась и расходилась в стороны от хребтов, по мере того как ее отодвигала более новая порода. Чередование полосок с противоположной намагниченностью говорит о том, что направление геомагнитного поля периодически меняется на противоположное, причем период этот составляет несколько сотен тысяч лет.

Что заставляет геомагнитное поле Земли, генерируемое ее ядром, так часто менять направление на противоположное, — неизвестно. Но свидетельства этого сохранились как на дне океана, так и в некоторых местах суши, которые когда-то находились под водой.

Время и движение Земли

В наши дни для измерения времени с большой точностью используются атомные часы. Но в древности и еще совсем недавно система измерения времени в нашем мире была основана на вращении Земли.

Земля совершает один оборот вокруг своей оси за 24 часа. Она вращается с запада на восток (или против часовой стрелки, если смотреть сверху, со стороны Северного полюса). И вокруг Солнца Земля обращается против часовой стрелки (если смотреть из космоса сверху, со стороны северного небесного полюса). Продолжительность дня, 24 часа, — это среднее время, которое (с нашей точки зрения) требуется Солнцу, чтобы взойти, сесть и взойти опять. Это называется *средним солнечным временем* (mean solar time), которое эквивалентно стандартному времени, отсчитываемому на наших часах.

Поэтому продолжительность дня равна 24 часам среднего солнечного времени. А в году приблизительно 365 дней — именно такое время требуется Земле, чтобы совершить один полный оборот вокруг Солнца.

Системы измерения времени

Поскольку Земля движется вокруг Солнца, время его восхода зависит и от вращения Земли, и от ее движения по орбите.

Относительно звезд Земля совершает полный оборот вокруг своей оси за 23 часа 56 минут и 4 секунды. Этот промежуток времени называется *сидерическими* (или *звездными*) *сутками* (sidereal day). Заметьте, что разница между 24 часами и 23 часами 56 минутами 4 секундами равна 3 минутам 56 секундам, что составляет всего $^{1}/_{365}$ долю суток. И это не совпадение. Это вызвано тем, что в течение суток Земля проходит $^{1}/_{365}$ часть своей орбиты вокруг Солнца.

Астрономы привыкли пользоваться особыми, звездными часами, которые отмеряют сидерическое время: 24 сидерических часа равны 23 часам 56 минутам 4 секундам среднего солнечного времени. Сидерические часы, минуты и секунды немного короче соответствующих им единиц измерения солнечного времени. Использование сидерических часов позволяет астрономам следить за звездами и правильно направлять телескопы. Но теперь ни астрономам, ни вам больше не нужно этого делать. Компьютерные программы-планетарии, которые определяют направление телескопов или создают изображение неба (об этом говорилось в главе 2) сделают за вас все необходимые вычисления. Поэтому, чтобы выяснить, в каком месте неба появятся определенные звезды и созвездия, вам достаточно взять за основу стандартное время.

С другой стороны, в отчетах об астрономических наблюдениях обычно применяются стандартные системы времени, принятые астрономами всего мира: это *всемирное время* (Universal Time — UT) или *время по Гринвичу* (Greenwich Mean Time). UT — это просто стандартное время в Гринвиче (Великобритания). Согласно международному соглашению, принято считать, что сутки начинаются в Гринвиче. (Иными словами, они начинаются, когда в Гринвиче полночь, т.е. 0:00 часов UT.) Например, в Москве разница со всемирным временем составляет плюс 3 часа, а в Нью-Йорке — минус 5 часов, потому что в Москве солнце встает на три часа раньше, а в Нью-Йорке — на пять часов позже, чем в Гринвиче. Таким образом, когда в Гринвиче 6 часов утра, в Москве уже 9 часов утра, а в Нью-Йорке — только час ночи.

Еще одна сложность в определении местного времени связана с тем, что во многих странах для более полного использования светлого времени суток и экономии электроэнергии осуществляют переход на "летнее" и "зимнее" время. При переходе на "летнее" время стрелки часов сдвигают на час вперед по сравнению с "зимним".

Более точно определенное время, *всемирное координированное время* (Coordinated Universal Time — UTC), которое совпадает с UT, если использовать его во всех практических целях, — это официальный международный стандарт[2].

Смена времен года

Объяснить студентам причину смены на Земле времен года — это, наверное, самая сложная задача для любого преподавателя астрономии. Как бы преподаватель ни старался объяснить, что смена времен года никак не связана с тем, насколько далеко Земля находится от Солнца, многие или даже большинство студентов в это не верят. Проведенные опросы показали: даже выпускники Гарвардского университета думают, что лето — это когда Земля находится ближе всего к Солнцу, а зима — когда Земля дальше всего от Солнца.

При этом студенты забывают, что, когда в Северном полушарии лето, в Южном полушарии — зима. И когда в Австралии лето, в России — зима. Но и Австралия, и Россия находятся на одной и той же планете Земля.

Истинная причина смены времен года — это наклон земной оси (рис. 5.2). *Ось вращения*, воображаемая линия, соединяющая северный и южный полюса Земли, не перпендикулярна плоскости земной орбиты, по которой она движется вокруг Солнца. И отклонение оси от перпендикуляра составляет 23,5°. Ось направлена на север в точку среди звезд возле Полярной звезды. (На самом деле, ось медленно меняет свое направление и со временем будет указывать не на Полярную, а на другую звезду.)

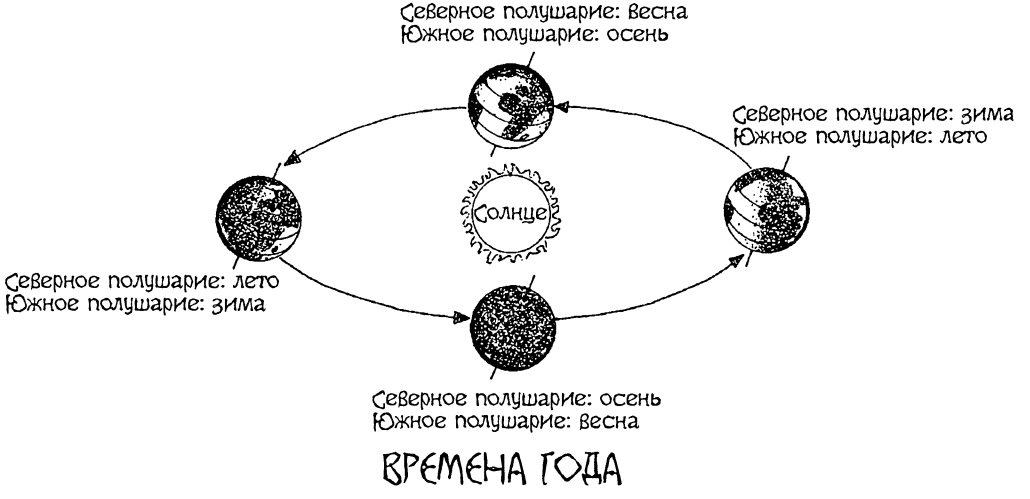


Рис. 5.2. Смена времен года

[2] *Шкалы AT (атомное время) и UT не согласуются, поэтому введена промежуточная шкала UTC, которая корректируется на 1 с, когда отклонение от UT1 превышает 0,7 с; коррекция выполняется в последнюю секунду 30 июня или 31 декабря, или в обе даты.*

В настоящее время Полярная звезда (т.е. та, на которую указывает северный полюс Земли) — это α Малой Медведицы. Если вы потеряетесь ночью и захотите идти на север, то ищите Малую Медведицу (более подробно о поиске Полярной звезды говорится в главе 3).

Ось Земли направлена "вверх" сквозь Северный полюс и "вниз" — сквозь Южный. Когда Земля находится на одной стороне своей орбиты, ось, направленная "вверх", указывает тоже примерно в сторону Солнца, поскольку в полдень в Северном полушарии Солнце находится высоко в небе. Через шесть месяцев ось, направленная "вверх", теперь будет указывать в противоположную сторону от Солнца. На самом деле, ось всегда направлена в одном и том же направлении в космосе, но теперь Земля находится с противоположной стороны от Солнца.

Лето приходит в Северное полушарие, когда ось, направленная через Северный полюс вверх, указывает примерно в сторону Солнца. В этой ситуации Солнце в полдень находится выше над горизонтом, чем во все остальные сезоны года, поэтому оно лучше освещает Северное полушарие и дает больше тепла. В это же самое время ось, проходящая вниз через Южный полюс, направлена от Солнца, поэтому Солнце в полдень находится ниже над горизонтом, чем в любое другое время года, и хуже освещает Южное полушарие. В это время в Австралии наступает зима.

Летом светлого времени суток больше, чем зимой, потому что Солнце находится выше над горизонтом. Поэтому ему требуется больше времени, чтобы сначала подняться на эту высоту, а потом — спуститься. И, поскольку день длится дольше, в это время года теплее.

По мере того как Земля движется по орбите вокруг Солнца, кажется, что Солнце перемещается по небу по некой окружности, которая называется *эклиптикой* (об этом говорилось в главе 3). Плоскость эклиптики наклонена к плоскости экватора точно под таким же углом, как ось Земли — 23,5°. С этой точки зрения определим следующие понятия.

Момент пересечения небесного экватора центром видимого солнечного диска. Весеннее равноденствие наступает, когда Солнце переходит из южного полушария небесной сферы в северное и обычно происходит около 21 марта. Осеннее равноденствие бывает около 23 сентября. Вблизи равноденствия продолжительность дня в средних широтах примерно равна продолжительности ночи.

- ✓ Когда Солнце переходит из южного полушария небесной сферы в северное, т.е. пересекает небесный экватор "снизу вверх", наступает первый день весны, который называется днем *весеннего равноденствия*. Он приходится на 20–21 марта. В Южном полушарии Земли наступает астрономическая осень, а в Северном — астрономическая весна. Вблизи равноденствия продолжительность дня в средних широтах примерно равна продолжительности ночи.
- ✓ Когда Солнце достигает самой высокой (северной) точки на эклиптике, это день *летнего солнцестояния*. Приходится примерно на 21–22 июня. С этого дня в Северном полушарии начинается астрономическое лето, а в Южном — астрономическая зима.
- ✓ Когда Солнце переходит из северного полушария небесной сферы в южное, т.е. пересекает небесный экватор "сверху вниз", это начало осени, день *осеннего равноденствия*. Обычно он приходится примерно на 23 сентября. В Южном полушарии Земли наступает астрономическая весна, а в Северном — астрономическая осень.
- ✓ Когда Солнце достигает самой нижней (южной) точки на эклиптике, это день *зимнего солнцестояния*. Приходится примерно на 21–22 декабря. С этого дня в Северном полушарии начинается астрономическая зима, а в Южном — астрономическое лето.

В Северном полушарии летнее солнцестояние приходится на день, когда светлое время суток наибольшее в году. В этот день Солнце поднимается на самую высокую точку над горизонтом, поэтому ему требуется больше всего времени, чтобы подняться на эту высоту, а потом спуститься. Аналогично, зимнее солнцестояние в Северном полушарии приходится на день, когда светлое время суток наименьшее в году.

Ну вот, пожалуй, и все, что я хотел сказать о времени и временах года.

Возраст Земли

Радиоактивное датирование — это единственный имеющийся у нас точный способ датирования различных древностей, как на Земле, так и в Солнечной системе. Некоторые химические элементы, такие как уран, имеют разновидности (отличающиеся атомной массой), называемые *радиоактивными изотопами*. Радиоактивный изотоп превращается в другой изотоп того же самого элемента или в другой элемент со скоростью, определяемой *периодом полураспада* радиоактивного элемента. Предположим, период полураспада составляет миллион лет. Тогда через миллион лет половина имевшегося первоначально радиоактивного изотопа превратится в другое вещество (называемое *дочерним изотопом*), а вторая половина останется радиоактивной. Затем за следующий миллион лет в дочерний изотоп превратится *половина оставшегося вещества*. Таким образом, через два миллиона лет останется только 25% первоначального количества атомов радиоактивного изотопа. А через три миллиона лет останется только 12,5% и т.д.

Когда первоначальные атомы радиоактивного изотопа, называемые *родительскими атомами*, и дочерние атомы оказываются вместе в куске камня (или металла), например в метеорите, ученые могут подсчитать соответствующее количество атомов и определить возраст этого камня. Это называется методом *радиоактивного датирования*.

Но, согласно методу радиоактивного датирования, самые древние породы на Земле имеют возраст примерно 3,8 миллиарда лет. А Земля, без сомнения, гораздо старше. Эрозия, процессы горообразования и вулканические процессы (извержение расплавленной лавы из недр Земли, а также образование новых вулканов) — все это постоянно оказывает разрушающее влияние на породы на поверхности Земли, поэтому первоначальные породы, из которых состояла поверхность Земли, давно исчезли.

Однако для метеоритов метод радиоактивного датирования дает возраст примерно 4,6 миллиарда лет. Считается, что метеориты — это осколки астероидов, а астероиды — это фрагменты вещества, из которого состояла Солнечная система в самом начале ее образования, когда происходило формирование планет (более подробно об астероидах речь пойдет в главе 7).

Поэтому ученые считают, что возраст Земли и других планет — примерно 4,6 миллиарда лет. Луна, как оказывается, моложе. Но это уже другая история.

Луна, спутник Земли

Диаметр Луны — 3476 км; это немного больше, чем $^1/_4$ часть диаметра Земли. Масса Луны составляет только $^1/_{81}$ часть массы Земли, а ее плотность примерно в 3,3 раза больше плотности воды, что заметно меньше плотности Земли (поскольку ее плотность в 5,5 раза больше плотности воды). На Луне практически нет атмосферы, только "следы" водорода, гелия, неона и аргона и других элементов в еще меньших количествах. По всей видимости, Луна состоит из твердых каменистых пород (рис. 5.3).

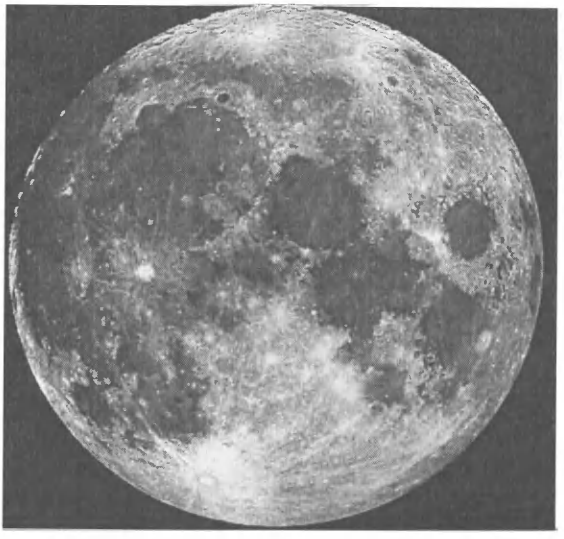


Рис. 5.3. Кратеры и "моря" (из лавы вулканического происхождения) на поверхности Луны
Фотография любезно предоставлена NASA

Плотность Луны, хотя и меньше средней плотности Земли, такая же, как плотность мантии Земли, т.е. слоя, расположенного между корой и ядром. Средняя плотность Земли больше плотности ее мантии, потому что ядро почти целиком состоит из железа и никеля, которые намного плотнее камня. Плотность ядра Земли больше средней ее плотности, а плотность мантии — меньше средней плотности. Эти различия очень важны, как вы поймете в разделе "Теория возникновения Луны".

Фазы Луны

За исключением времени лунного затмения, одна половина Луны всегда освещена Солнцем, в то время как на другой — ночь. Некоторые люди думают, что это ближняя и дальняя стороны Луны, но это не так. Ближняя и дальняя — это стороны Луны, которые обращены к Земле и от нее соответственно, и это всегда одни и те же стороны (т.е. Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной). А половинки Луны, на которых день или ночь — это полусферы, обращенные к Солнцу и от него соответственно. И они все время меняются по мере движения Луны вокруг Солнца (рис. 5.4).

Новолуние — это начало месячного лунного цикла, или *лунного месяца*. В это время ближняя к Земле сторона Луны повернута от Солнца, поэтому она темная и не видна. Первая фаза — *молодой лунный серп*, или *растущая Луна* — видна через 24 часа после новолуния (в наиболее благоприятных случаях). Это означает, что освещенная область Луны увеличивается. Во время этой фазы Луна постепенно отходит от положения на одной линии с Землей и Солнцем (в новолуние), одновременно обращаясь вокруг Земли. Одна половина Луны, обращенная к Солнцу, всегда освещена, но в фазе роста большая часть освещенной области повернута от Земли и не видна нам.

Двигаясь по орбите, Луна достигает точки, в которой линия "Земля–Луна" образует прямой угол с линией "Земля–Солнце". В этой фазе, которая называется *первой четвертью*, мы видим ровно половину лунного диска.

Как же может половина равняться четверти? Видите ли, то, что в обычной жизни невозможно, у астрономов — нормальное явление. Дело в том, что в этой фазе освещена половина ближней стороны Луны, т.е. обращенной к Земле. Но освещенная часть Луны, которую мы видим, — это только половина освещенной полусферы, обращенной к Солнцу, а половина половины — это четверть. Поспорьте с друзьями, что четверть может равняться половине, и вы выиграете!

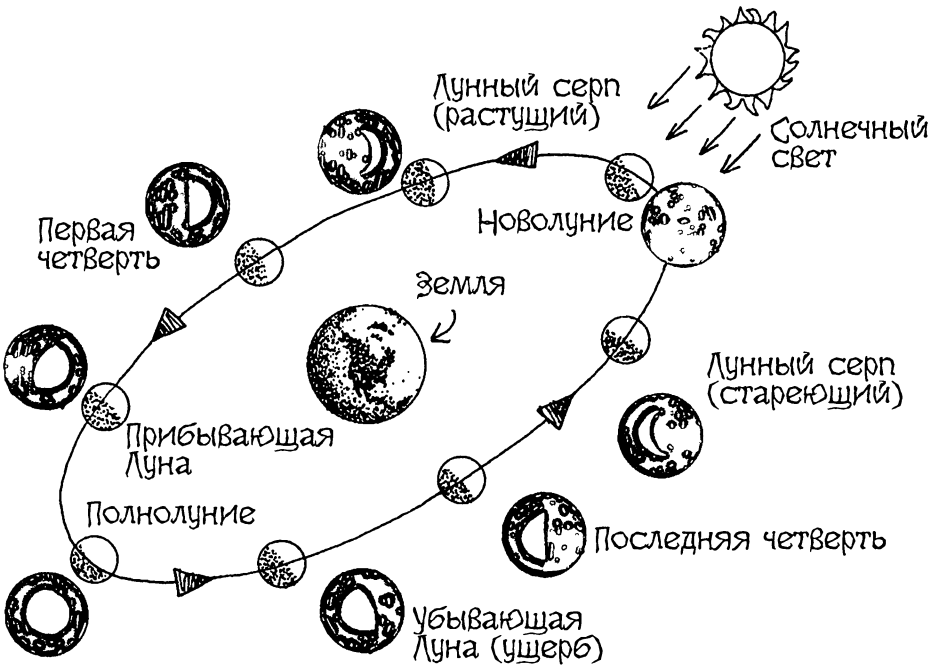


Рис. 5.4. Фазы Луны. Наблюдать Луну лучше всего не в полнолуние

Когда освещенная часть Луны, которую мы видим, уже больше половины, но пока еще меньше полной Луны, ее называют *прибывающей*.

Люди часто спрашивают, почему солнечное затмение не происходит каждый месяц в новолуние. Причина в том, что Земля, Луна и Солнце в новолуние обычно не выстраиваются точно на одной линии. А вот когда выстраиваются, тогда и случается солнечное затмение. А когда Земля, Луна и Солнце точно выстраиваются на одной линии в полнолуние, происходит затмение Луны.

Когда Луна оказывается в самой дальней точке своей орбиты противоположно Солнцу, то лунное полушарие, обращенное к Земле, полностью освещено. Это фаза *полнолуния*. По мере дальнейшего движения Луны по орбите освещенная область уменьшается, и эта фаза называется *убывающей Луной*, или *ущербом* (Луна меньше полной, но больше половины). Вскоре от Луны остается половина — эта фаза называется *последняя четверть*. Затем, по мере приближения к моменту, когда она снова окажется на одной линии с Землей и Солнцем, наступает фаза *стареющего лунного серпа*. Затем наступает новолуние, и цикл фаз начинается сначала.

Самое удивительное, что у Земли есть такие же фазы, как и у Луны! Но, чтобы увидеть их, нужно смотреть на Землю с Луны. Когда люди на Земле видят полнолуние, для наблюдателей на Луне наступит фаза "новой Земли", а когда для землян настанет новолуние, "луняне" будут наслаждаться зрелищем полной Земли.

Затмения Луны

Полные затмения Луны не так знамениты, как полные затмения Солнца, но мы можем наблюдать их чаще. Дело в том, что полное затмение Солнца можно наблюдать только с узкой полосы Земли. Но когда тень Земли закрывает Луну, ее затмение можно видеть во всем полушарии Земли, где в данный момент ночь.

Лунное затмение происходит, когда Луна выстраивается точно по линии "Солнце–Земля". И тогда Луна попадает в *полную тень* (umbra) Земли. Лунное затмение выгодно отличается от солнечного тем, что на него смотреть совершенно безопасно (постарайтесь только не удариться обо что-то в темноте и не стойте посреди дороги).

Во время полного затмения Луна все-таки видна, хотя и находится в тени Земли (рис. 5.5). На Луну не попадает прямой солнечный свет, но некоторые лучи, искривляясь при прохождении через земную атмосферу по краям Земли (как видно с Луны), падают на Луну. Солнечный свет, проходя через земную атмосферу, "фильтруется", и обычно остаются только красные и оранжевые лучи. Этот эффект меняется от одного затмения к другому, в зависимости от метеорологических условий и наличия облаков над Землей. Поэтому во время полного затмения Луна может быть бледно-оранжевого цвета или бледно-красного или очень темно-красного. А в некоторых случаях различить Луну во время полного затмения можно только еле-еле.

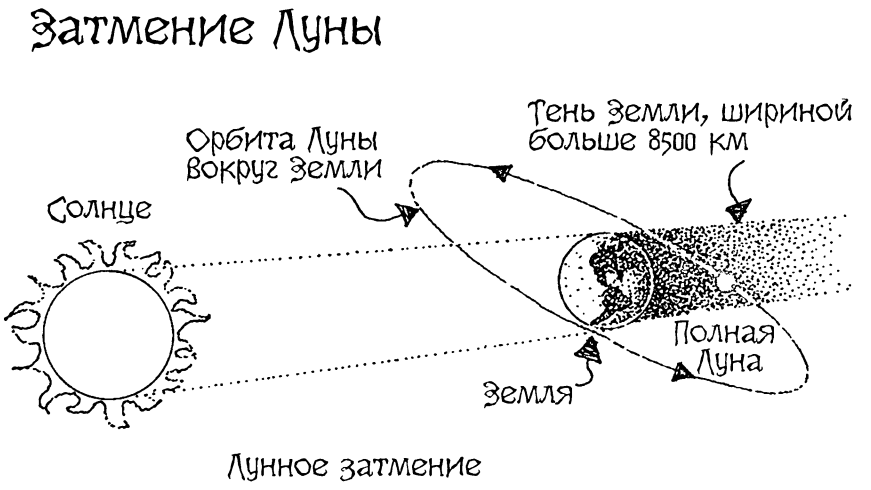


Рис. 5.5. Полное затмение Луны

Вот расписание полных затмений Луны на следующие годы:

- ✓ 4 мая 2004 года;
- ✓ 28 октября 2004 года;
- ✓ 3 марта 2007 года;
- ✓ 28 августа 2007 года;
- ✓ 21 февраля 2008 года;
- ✓ 21 декабря 2010 года;
- ✓ 15 июня 2011 года;
- ✓ 10 декабря 2011 года.

О точном времени лунных затмений и о том, в какой части Земли они будут видны, можно узнать заранее на англоязычных Web-сайтах *Astronomy.com* (`ww2.astronomy.com`) и *Sky & Telescope* (`www.skypub.com`) и русскоязычных Web-сайтах (`www.astronet.ru`, `www.astronomy.ru`, `http://cobr.kts.ru/astron/moon/moonz5.htm`), а также в астрономических журналах.

Частичные затмения не так интересны. Во время *частичного затмения* только часть полной Луны попадает в тень Земли, и это выглядит так, как будто Луна просто находится в другой фазе. Люди, которые не знают, что происходит лунное затмение, или не знают, что сейчас должно быть полнолуние, вообще не заметят ничего особенного. Они просто подумают, что сейчас время какой-либо четверти или лунного серпа. Но если бы они продолжали наблюдать в течение часа или больше, то увидели бы, как полная Луна выходит из тени Земли. И тогда они поняли бы, что происходит.

Лунная "геология"

Вся поверхность Луны усеяна кратерами всевозможных размеров, от микроскопических ямок до огромных бассейнов диаметром в сотни километров. Самый большой — бассейн "Южный полюс–Эйткен" (South Pole–Aitken)[3] диаметром 2600 км. Эти кратеры появились в результате столкновения с Луной различных небесных объектов (астероидов, метеорных тел и комет), которые происходили, по большей части, очень давно. Появление микроскопических кратеров, которые были обнаружены на камнях, взятых с поверхности Луны, вызвано микрометеоритами, т.е. мельчайшими каменными частицами, летающими в космосе. Всем этим кратерам и бассейнам дали общее название *ударные кратеры* (impact crater), чтобы отличать их от вулканических кратеров.

Да, на Луне происходили вулканические процессы, но не в такой форме, как на Земле. Здесь нет *вулканов*, т.е. больших вулканических гор с кратерами наверху. Но зато есть небольшие вулканические холмы с закругленной вершиной, какие встречаются в некоторых районах Земли, где идут вулканические процессы. Кроме того, извилистые каналы на лунной поверхности (*борозды*) похожи на пути прохождения потоков лавы, что также типично для рельефа в районах Земли с вулканической активностью (например, в северной Калифорнии). Но самый заметный признак — то, что на Луне есть огромные, покрытые лавой равнины, образующие дно больших бассейнов, возникших в результате столкновения. Эти равнины лавы называют *морями*.

Если всмотреться в очертания лунных кратеров, то можно увидеть "человека на Луне". Так вот, темные области, которые сформировали некоторые его очертания, и есть моря.

В древние времена некоторые ученые думали, что лунные моря — это настоящие океаны. Но, увы, это просто безжизненные высохшие пласты лавы. Если бы это были океаны, то мы увидели бы яркое отражение от них солнечного света, — такое же, как от моря в солнечный день, если смотреть на него сверху, с самолета. Большие светлые участки на "лице человека" — это лунные материки, сильно испещренные кратерами. В морях тоже есть кратеры, но в расчете на квадратный километр их меньше, чем на материках, а это означает, что моря моложе. Бассейны морей были образованы в результате ударов огромной мощности, и эти удары "стерли" существовавшие прежде кратеры. Затем бассейны заполнились лавой, излившейся из глубин и уничтожившей следы всех новых кратеров, образовавшихся после этих мощных ударов. И все кратеры, которые видны в морях сейчас, — это результат метеоритных ударов уже после застывания лавы.

В конце 1990-х годов с помощью космического аппарата NASA под названием Lunar Prospector удалось получить косвенное свидетельство возможности существования замерзшей воды на дне нескольких кратеров в районах северного и южного полюсов Луны, которые никогда не освещаются Солнцем. На полюсах Луны Солнце, в лучшем случае, висит низко над горизонтом и края кратеров не дают его лучам достать до дна. Возможно, этот лед был принесен кометами, которые "бомбардировали" Луну в прошлом, поскольку эти ледяные пришельцы время от времени попадают в Луну и другие планеты. Другой воды на Луне, похоже, нет.

---

[3] *Гигантская ударная структура, диаметр которой превышает $^2/_3$ диаметра Луны. Назван так потому, что центр бассейна находится примерно посередине между кратером Эйткен и южным полюсом Луны.*

Лунный пейзаж

Луна — это один из самых "благодарных" объектов для наблюдения. Ее можно увидеть в туманную погоду, когда небо частично покрыто облаками, а иногда даже днем. Причем кратеры видны даже в самый малый телескоп. С помощью небольшого телескопа хорошего качества можно увидеть сотни и даже тысячи элементов лунной поверхности.

- ✓ **Ударные кратеры**. Круглые структуры, образовавшиеся от ударов метеорных тел и других крупных объектов; самые большие кратеры называются бассейнами.
- ✓ **Моря**. Слои лавы, устилающие дно бассейнов.
- ✓ **Лунные материки** (или **возвышенности**). Области лунной поверхности, сильно испещренные кратерами.
- ✓ **Лучи**. Светлые радиальные линии, выходящие из молодых светлых ударных кратеров, таких как Тихо и Коперник (рис. 5.6). Они образованы выбросами мелко раздробленного лунного вещества от ударов крупных небесных объектов.

Рис. 5.6. Кратер Коперник и его лучи

Фотография любезно предоставлена NASA

- ✓ **Борозды**. Извилистые каналы; на самом деле, вероятно, представляют собой пути прохождения лавы. Самая знаменитая — борозда Хэдли, на которой были астронавты с Apollo[4].
- ✓ **Центральные горки**. Горки из валунов, образовавшиеся в результате реакции Луны на мощный удар. Центральные горки обнаружены в некоторых, но не во всех ударных кратерах.
- ✓ **Лунные горы**. Края больших кратеров или ударных бассейнов, разрушенные последующими ударами, в результате чего остались только части стены, напоминающие горные цепи. Но они совсем не похожи на горы Земли.

[4] *Apollo-15, 1971 год. Астронавты Скотт, Ирвин и Уорден.*

Чтобы узнать, какой кратер, борозду или лунную горную цепь вы видите в телескоп, вам понадобится карта Луны (которую можно приобрести, например, в планетарии).

Карты Луны и их подробное описание можно найти в Web, например, по таким адресам `http://cobr.kts.ru/astron/moon/moonch.htm`, `http://www.astrolab.ru/cgi-bin/manager2.cgi?id=31&level=2`.

Как выглядит обратная сторона Луны

С Земли можно увидеть только одну сторону Луны, потому что последняя находится в *синхронном вращении*, т.е. за время одного оборота вокруг Земли она делает ровно один виток вокруг своей оси (и это время составляет 27 дней 7 часов 43 минуты).

Но, тем не менее, в планетариях продаются глобусы Луны, на которых отображена вся ее поверхность — и видимая, и обратная стороны. Первые фотографии обратной стороны Луны были сделаны 4 октября 1959 года с помощью советской автоматической станции "Луна-3". С тех пор Луну постоянно изучали и фотографировали советские и американские космические аппараты, включая Lunar Orbiter и Clementine. Но для наблюдения Луны вам не понадобится карта ее обратной стороны, поскольку вы ее не увидите.

Подружитесь с терминатором

Терминатор — это линия, отделяющая темную часть обращенного к Земле диска Луны от светлой. Самое лучшее время для наблюдения практически любого объекта на Луне — это когда он находится рядом с терминатором. Дело в том, что в это время (когда объект наблюдения находится на освещенной стороне совсем рядом с терминатором) лучше всего можно рассмотреть детали.

И, наверное, самое худшее время наблюдения объектов на Луне — это полнолуние. В полнолуние Солнце находится высоко в небе над большей частью видимой стороны Луны, поэтому теней почти нет или они невелики. А ведь именно тени помогают лучше выявить неровности рельефа.

В течение месяца, т.е. примерно от одного полнолуния до другого, терминатор равномерно перемещается по видимой стороне лунной поверхности, поэтому раньше или позже любой объект на этой стороне окажется рядом с терминатором. В зависимости от фазы Луны, терминатор находится или с той стороны, где Солнце восходит, или с той, где оно заходит. Как нам известно из "земного" опыта, предметы отбрасывают самые длинные тени, когда Солнце встает или садится, и самые короткие — когда оно находится высоко над горизонтом (в полдень). Зная длину тени и высоту Солнца над горизонтом, можно определить высоту элемента лунного рельефа, отбрасывающего ее.

Гигантское столкновение. Теория происхождения Луны

Ученые собрали большой объем информации о породах, залегающих в различных районах Луны. Эти данные были получены с помощью метода радиоактивного датирования образцов лунной породы, привезенных на Землю шестью экипажами астронавтов кораблей Apollo, которые высаживались на Луне в разное время с 1969 по 1972 год.

До осуществления лунной программы Apollo несколько высококлассных специалистов уверенно предсказывали, что Луна будет "розеттским камнем"[5] Солнечной системы. При отсутствии воды в жидком состоянии, которая размывала бы поверхность, атмосферы и активных вулканических процессов на поверхности Луны, по их мнению, должно было быть много первичного

[5] *Каменная плита, найденная в Розетте (Египет) и давшая Ж. Ф. Шампольону ключ к расшифровке египетских иероглифов.*

материала, сохранившегося со времени образования Луны и планет Солнечной системы. Но, увы, лунные образцы, полученные с помощью кораблей Apollo, "бросили камень" в их теорию.

Когда порода плавится, остывает и снова кристаллизуется, все ее "радиоактивные часы" устанавливаются в нулевое положение (т.е. время обнуляется). Радиоактивные изотопы начинают превращаться в новые дочерние изотопы, которые оказываются во вновь сформированных кристаллах минералов. Породы, полученные с помощью лунной программы Apollo, показали, что практически вся Луна или по меньшей мере ее кора на значительную глубину была в расплавленном состоянии 4,6 миллиарда лет назад. Поэтому максимальный возраст самых древних лунных пород "всего лишь" 4,5 миллиарда лет. Разница между 4,6 и 4,5 миллиарда лет составляет 100 миллионов лет. И, в отличие от минералов в земных породах, в структуре которых в связанном состоянии содержится вода, в лунных породах совершенно нет воды.

Негостеприимная Луна

Днем температура на поверхности Луны повышается до 117 °С, а ночью она падает до -169 °С. Такие резкие перепады температур обусловлены практически полным отсутствием атмосферы, которая служила бы "изоляционным слоем" и сокращала потери тепла ночью. На Луне также нет воды в жидком состоянии. Здесь слишком горячо, слишком холодно и слишком сухо, чтобы могла существовать жизнь, как мы ее себе представляем. Ситуация настолько неблагоприятна, что даже наличие воздуха вряд ли улучшило бы ее.

Чтобы объяснить все эти факты и избавиться от недостатков предыдущих теорий, была выдвинута теория происхождения Луны под названием "Гигантское столкновение"[6]. Согласно этой теории, Луна состоит из материала, вырванного из мантии Земли гигантским объектом, в три раза массивнее Марса, который нанес юной Земле удар по касательной. Считается, что Луна также содержит часть пород из мантии этого объекта.

От этого мощного удара по юной Земле часть ее вещества испарилась и была выброшена в космическое пространство. А из этого облака образовалась Луна. Все удары, породившие кратеры, которые мы теперь видим на поверхности Луны, происходили гораздо позже, но большинство — свыше 3 миллиардов лет назад.

Согласно этой теории, плотность Луны в целом меньше плотности Земли и примерно совпадает с плотностью мантии Земли (поскольку Луна состоит из материала мантии). По этой же теории, у Луны не должно быть большого железного ядра (либо его вообще нет). Если же у малого объекта (т.е. у Луны) малое ядро, то он должен был остыть и замерзнуть очень давно, и вряд ли вообще когда-либо содержал железо в жидком состоянии. Исходя из этого, Луна не должна генерировать глобальное магнитное поле. Именно об этом и говорят факты, полученные в результате космических экспериментов и измерений. Lunar Prospector, искусственный спутник, запущенный на орбиту вокруг Луны в конце 1990-х годов, обнаружил магнитные поля, но только в отдельных местах Луны. Это просто остатки древних магнитных полей, которые были генерированы неизвестным путем в древние времена.

Сегодня эта теория считается самой лучшей теорией происхождения Луны. К сожалению, пока никто не придумал простого способа ее проверки. Например, не существует особого вида лунной породы, которая могла бы доказать правильность этой теории.

Будем считать, что это хорошая теория, хотя на самом деле мы можем так никогда и не раскрыть тайну происхождения Луны.

---

[6] *Авторы теории — американские ученые У. Хартман и Д. Дэвис.*

Полярное сияние

Полярное сияние — это одно из самых захватывающих зрелищ на ночном небе, причем его могут увидеть далеко не все. Если вы живете в Северном полушарии, то можете увидеть *северное полярное сияние*, а если в Южном — *южное полярное сияние*.

Полярное сияние — это загадочное свечение на темном ночном небе, вид которого может оставаться неизменным в течение минут и даже часов или постоянно меняться. Оно может мерцать, пульсировать или даже вспыхивать в небе. Таким образом, полярное сияние предстает в разных формах. Давайте рассмотрим самые распространенные из них.

- ✓ *Свечение*. Самая простая форма полярного сияния, когда кажется, что тонкое облако в некоторой части неба отражает лунный свет или городские огни. Но на самом деле никакого облака нет, а есть только таинственный свет полярного сияния.
- ✓ *Дуга*. Напоминает радугу, но в отсутствие солнечного света, благодаря которому она могла бы возникнуть. Чаще всего встречается ровная или пульсирующая зеленая дуга, но иногда можно увидеть красноватую дугу.
- ✓ *Занавес* (или *драпировка*). Эта эффектная форма полярного сияния напоминает колышущийся театральный занавес, это и есть "гвоздь программы" наблюдаемого небесного шоу.
- ✓ *Лучи*. Одна или несколько длинных тонких линий в небе, которые кажутся таинственными лучами, ниспадающими с небес.
- ✓ *Корона*. Напоминает корону высоко в небе, от которой во всех направлениях расходятся лучи.

Полярное сияние возникает от потоков электронов, порожденных солнечными вспышками. Отклоняясь под действием магнитного поля Земли, они ударяются об атмосферные частицы, вызывая их свечение. Полярные сияния можно постоянно наблюдать в высоких широтах, т.е. в приполярных районах Земли — возле Северного и Южного полюсов. Люди, живущие в этих районах, могут видеть полярное сияние каждую ночь. Но есть и исключения из этого правила. Когда радиация очень мощных солнечных вспышек достигает магнитосферы Земли, районы наблюдения полярных сияний смещаются в сторону экватора. И тогда жители приполярных районов могут лишиться привычного зрелища, но зато его увидят люди, живущие в других местностях (ближе к экватору, т.е. в низких широтах), для которых это в диковинку. Чаще всего это случается через несколько лет после пика солнечной активности.

Вы спросите: а почему полярные сияния наблюдаются именно в полярных районах? Дело в том, что магнитное поле Земли отклоняет частицы, устремляющиеся к экватору, и направляет их к магнитным полюсам Земли.

Изображения и данные ежедневных наблюдений полярных сияний с помощью спутников NASA, NOAA[7] и Военно-воздушных сил США можно найти на сайте канадского университета Лесбриджа по адресу `http://solar.uleth.ca/solar/aurora.html`, а прогнозы предстоящих полярных сияний можно посмотреть по адресу `solar.uleth.ca/monitor`.

[7] *National Oceanic and Atmospheric Administration — Национальное управление США по изучению океана и атмосферы.*

Глава 6

Ближайшие соседи Земли: Меркурий, Венера и Марс

В этой главе...

- Исследование поверхности, атмосферы и недр планет
- Поиск и наблюдение Меркурия, Венеры и Марса
- Чем отличается Земля от других планет земной группы

Соседние с Землей планеты земной группы — Меркурий, Венеру и Марс — легко обнаружить невооруженным глазом, а затем исследовать с помощью телескопа. Эти небесные объекты, вызывающие к себе жгучий интерес, открывают только небольшую часть своих тайн, если наблюдать их с Земли. Поэтому большая часть знаний об их физических характеристиках, геологических структурах и вероятной истории, которыми сегодня располагают ученые, основана на изображениях и измерениях, отправленных на Землю межпланетными космическими аппаратами.

К Меркурию был отправлен только один космический аппарат, который пролетел мимо него три раза. К Венере летали несколько космических аппаратов, которые облетели вокруг нее и даже осуществили посадку. К Марсу отправляли большое количество космических аппаратов, спускаемых аппаратов и автоматических транспортных средств ("роверов" или марсоходов); как правило, их отправляли каждые два года. За счет этого удалось составить очень подробные карты Венеры и Марса, чего нельзя сказать о Меркурии: большие участки его поверхности до сих пор никто не видел.

Меркурий — металлическая планета

Несмотря на то, что космический аппарат Mariner-10 в 1973 и 1974 годах пролетел мимо Меркурия три раза, удалось картографировать меньше половины его поверхности. Остальная часть либо не попала в "поле зрения" Mariner-10, либо была темной во время его приближения. Чтобы возместить этот недостаток информации, NASA планирует в 2004 году отправить к Меркурию новый космический аппарат.

Вы тоже можете следить за процессом разработки и запуска этого космического аппарата, получившего название MESSENGER (сокращение от слов Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry and Ranging — Поверхность, космическое пространство, геохимия и телеметрия Меркурия), на сайте `http://messenger.jhuapl.edu`. Здесь можно увидеть также изображения Меркурия, сделанные космическим аппаратом Mariner-10.

Имеющиеся на данный момент знания о Меркурии получены, в основном, с помощью космического аппарата Mariner-10 и радиолокационных наблюдений с Земли, когда в направлении Меркурия передают импульсы радиоволн, а затем изучают их отражение. Поверхность Меркурия, испещренная ударными кратерами, подобна поверхности Луны. Но только на

Меркурии есть длинные извилистые горные хребты, пересекающие ударные кратеры и другие геологические структуры. Вероятно, они образовались в результате сжатия коры планеты, когда она остывала после пребывания в расплавленном состоянии. Кроме того, на Меркурии меньше малых кратеров, чем на Луне, по отношению к количеству больших кратеров. Нужно отметить, что у Меркурия нет своего спутника (по крайней мере, он не обнаружен).

На Меркурии, как и на Луне, есть сильно испещренные кратерами возвышенности (или материки). Но, в отличие от Луны, возвышенности Меркурия плавно переходят в равнины. Низменности Меркурия также представляют собой плоские равнины.

Самым крупным следом столкновений Меркурия с другими небесными телами считается бассейн Калорис. Он не полностью картографирован, потому что во время приближения к нему космического аппарата Mariner-10 большая его часть была темной. По оценкам астрономов, ширина этого бассейна составляет примерно 1340 км, что делает его одним из самых крупных в Солнечной системе. Ударные бассейны — это огромные кратеры, подобные тем заполненным лавой структурам на Луне, которые называются морями. На месте, диаметрально противоположном бассейну Калорис (с другой стороны Меркурия), находится странный район разрушенных холмов и долин. Видимо, столкновение, породившее бассейн Калорис, вызвало появление мощных сейсмических волн, которые прошли сквозь тело Меркурия и создали на противоположной его стороне картину катастрофических разрушений.

Плотность Меркурия в 5,4 раза больше плотности воды. Причина такой высокой плотности в том, что у Меркурия огромное железное ядро, которое составляет значительную часть планеты. Толщина внешнего по отношению к ядру слоя — мантии — составляет не больше 610 км. Наличие глобального магнитного поля Меркурия, обнаруженного космическим аппаратом Mariner-10, по мнению многих специалистов, говорит о том, что наружная часть ядра все еще находится в расплавленном состоянии. В то же время простые подсчеты показывают: к настоящему времени ядро должно было достаточно остыть для того, чтобы затвердеть.

На Меркурии есть слабые следы атмосферы, но они слишком незначительны; с этой точки зрения он похож на Луну. Из-за отсутствия атмосферы на поверхности Меркурия наблюдаются очень резкие перепады температур — от –183 °C ночью до +440 °C днем. Возле северного и южного полюсов Меркурия с помощью радара были обнаружены области с высоким коэффициентом отражения. Это может означать наличие на полюсах больших ледовых шапок, находящихся в глубоких кратерах, дно которых никогда не освещается Солнцем. О том, верно ли такое предположение, ученые надеются узнать с помощью космического аппарата MESSENGER.

Венера: не слишком приятное место для жизни и визита

На Венере никогда не бывает ясных дней, потому что она постоянно покрыта толстым (15-километровым) слоем облаков из концентрированной серной кислоты. И здесь нет никакого спасения от жары. Венера — самая горячая планета в Солнечной системе; температура на ее поверхности, достигающая +464 °C, остается практически постоянной от экватора до полюсов, днем и ночью.

Но страшная жара — это еще не все. Атмосферное давление на Венере в 93 раза выше земного! На Венере нет воды, поэтому вы можете жаловаться на жару, но никак не на влажность, — атмосфера здесь горячая и сухая, как в пустыне. Погода на Венере тоже не радует: на всей территории планеты постоянно льют дожди из серной кислоты. Утешает только одно: этот дождь испаряется еще до того, как достигает поверхности.

Почти все прекрасные изображения поверхности Венеры, которые можно найти на Web-сайтах NASA (а также на других сайтах), — увы, не фотографии. Это подробные карты, состав-

ленные с помощью радиолокационных приборов космического аппарата Magellan. Существует очень мало фотографий поверхности Венеры, поскольку ее полностью скрывает плотный слой облаков. Поэтому поверхность Венеры нельзя рассмотреть в телескоп с Земли и сфотографировать с искусственного спутника, движущегося по орбите вокруг нее. Верхний слой облаков находится на высоте примерно 65 км, т.е. намного ниже той высоты, на которой может находиться спутник.

Карты Венеры, полученные с помощью радиолокационных приборов искусственного спутника, изображения ее поверхности, сделанные с помощью спускаемых аппаратов, а также изображения других объектов Солнечной системы, можно посмотреть на Web-сайте Views of the Solar System (Виды Солнечной системы) по адресу `www.solarviews.com/eng/homepage.htm` (щелкните на элементе Venus, а потом — на Venus Photo/Animation Gallery).

С помощью спускаемых аппаратов советских автоматических межпланетных станций (АМС) "Венера-13" и "Венера-14" в 1982 году были получены цветные панорамы поверхности планеты. А в 1983 году с помощью АМС "Венера-15" и "Венера-16" удалось осуществить радиолокационное картографирование поверхности северного полушария. Впервые были получены радиолокационные изображения северной приполярной области Венеры. На изображениях видны кратеры, возвышенности, крупные разломы, горные хребты и детали рельефа размером 1–2 км.

На поверхности Венеры все кажется оранжево-коричневым из-за толстого слоя облаков, фильтрующего солнечные лучи. Большая часть поверхности Венеры (около 85%) — это плоские равнины и вулканические низменности с бороздами (извилистые каньоны, оставленные потоками лавы). На этой территории находится самая длинная (из известных в настоящее время) борозда в Солнечной системе — Балтийская долина, которая протянулась по поверхности Венеры почти на 6800 км. На Венере есть также испещренные кратерами возвышенности и деформированные плоскогорья.

На Венере не так много кратеров, как можно было ожидать, исходя из их количества на Луне (кстати, насколько известно, у Венеры нет собственного спутника) и на Меркурии. Нет также и малых кратеров. Больших кратеров тоже не так много, потому что поверхность Венеры была затоплена лавой или полностью "обновлена" вулканическими процессами (о которых мы говорили в главе 5), после того как ее бомбардировка ударными объектами практически закончилась. Это затопление или обновление практически полностью стерло следы всех (или почти всех) прежних кратеров. И со времени уничтожения следов старых кратеров Венера испытала всего несколько ударов крупных небесных объектов, а мелкие объекты не могут создать много кратеров на Венере. Причина в том, что объекты, способные создать кратеры диаметром до 3 км, задерживаются и уничтожаются аэродинамическими силами в толстом слое венерианской атмосферы.

На Венере обнаружены огромные вулканы и горные хребты, но ничего похожего на горы Земли, порожденные движением плит. На Венере нет вулканических цепей (таких как "тихоокеанское огненное кольцо"), возникающих по краям плит. На Венере нет тектоники плит и дрейфа континентов, как на Земле.

Марс — планета загадок

Для Марса были составлены очень точные топографические карты. Новейшую карту всей планеты можно найти на Web-сайте NASA (`ltpwww.gsfc.nasa.gov/tharsis/global_paper.html`). Поскольку карты топографические, на них отражены высоты форм рельефа. Они сделаны с помощью лазерного альтиметра (высотомера), установленного на искусственном спутнике Mars Global Surveyor (MGS), вращающемся по орбите вокруг Марса. На борту MGS установлен фотоаппарат, и самые последние сделанные им фотографии можно посмотреть на сайте Malin Space Systems (`www.msss.com`) — компании, разработавшей этот фотоаппарат и осуществляющей управление им.

Куда исчезла вся вода?

Топографическая карта Марса показывает, что бо́льшая часть северного полушария расположена намного ниже, чем территория южного полушария. Вполне возможно, что эти огромные северные низменности — бывшее дно древнего моря. Но даже если это не так, существуют убедительные доказательства того, что когда-то на Марсе была вода в жидком состоянии.

В настоящее время поверхность Марса холодная и сухая, а на полюсах есть большие шапки льда. По некоторым оценкам, этого льда достаточно для того, чтобы, в случае их таяния, всю планету затопило море глубиной примерно 30 м. Но этот лед не растает, потому что на Марсе слишком холодно. Атмосфера состоит в основном из углекислого газа, а зимой часть этого газа замерзает на поверхности планеты, оставляя тонкие слои сухого льда. На том полюсе, где зима, тонкий слой сухого льда часто покрывает шапку льда из замерзшей воды. Сухие русла рек с островами обтекаемой формы, и галька, которая выглядит так, как будто ее обточили водяные потоки, — вот всего несколько свидетельств в пользу того, что в прошлом на Марсе существовала вода в жидком состоянии. Изображения гальки были получены с помощью космического аппарата Mars Pathfinder (которые совершил посадку на Марс в 1997 году) и его автоматического транспортного средства, первого марсохода Sojourner.

Магнитометр, установленный на MGS, обнаружил длинные параллельные полосы противоположно направленных магнитных полей, "застывших" в каменистой коре Марса. В настоящее время у Марса нет глобального магнитного поля, но данное открытие может означать, что когда-то у него было такое поле и оно периодически меняло свое направление на противоположное, — точно так же, как магнитное поле Земли (см. главу 5). Это может также означать, что в коре Марса происходили процессы, аналогичные расширению океанского дна на Земле, которые и привели к возникновению подобного магнитного "узора". Но расплавленное железное ядро Марса должно было затвердеть очень давно, поэтому в настоящее время оно уже не генерирует магнитное поле и тепловой поток из глубин планеты к ее поверхности настолько незначителен, что сегодня на ней, вероятно, уже нет вулканических процессов.

Вулканические процессы, которые в давние времена происходили на Марсе, привели к возникновению гигантских вулканов, таких как Гора Олимп (Olympus Mons), имеющий ширину около 600 км и высоту около 24 км! Это значит, что он в пять раз шире и почти в три раза выше крупнейшего вулкана Земли, Мауна-Лоа. На Марсе также много каньонов; в их числе такой огромный каньон, как Долина Маринер, длина которого составляет примерно 4000 км. Есть и ударные кратеры. Они имеют более размытую форму, чем лунные, потому что подвергались более сильному воздействию эрозии, вероятно, за счет действия воды, когда-то вызывавшей сильные наводнения на Марсе.

У Марса только два естественных спутника — Фобос и Деймос. Но они очень малы и поэтому их нельзя увидеть в любительский телескоп.

Есть ли жизнь на Марсе?

Относительно Марса существует множество заблуждений. Есть также гипотезы, которые могут оказаться правильными, но они пока еще не доказаны. Эти гипотезы связаны с возможностью существования жизни на Марсе. Но большинство из них так же неправдоподобны, как анекдот об астронавте будущего, который вернулся с этой планеты. На вопрос корреспондента "Ну что, есть на Марсе жизнь?" он отвечает: "В течение недели — не особенно, но зато в субботу вечером..."

Удары по гипотезе о существовании жизни на Марсе

Открытие "каналов" на Марсе породило первые широко обсуждавшиеся гипотезы о возможности жизни на этой планете. Об этом говорили некоторые знаменитые астрономы конца XIX – начала XX века. От планетарной фотографии в то время было мало толку, поскольку

выдержки были слишком большими, а изображения — размытыми по причине плохой видимости, обусловленной атмосферными явлениями (об этом говорилось в главе 3). Поэтому ученые считали, что зарисовки, сделанные астрономами-профессионалами, которые вели наблюдения с помощью телескопа, — это самые точные изображения Марса. На некоторых из этих карт были видны линии, протянувшиеся и пересекающие вдоль и поперек всю поверхность Марса. Американский астроном Персиваль Лоуэлл выдвинул гипотезу, что эти прямые линии — каналы, созданные древней цивилизацией для хранения и транспортировки воды во времена высыхания Марса. Он пришел к выводу, что в местах пересечений линий были оазисы.

Со временем гипотеза о "каналах" и другие свидетельства существования на Марсе жизни в прошлом или настоящем были опровергнуты.

- ✓ Когда американский космический аппарат Mariner-4 в 1965 году достиг Марса, сделанные им фотографии показали отсутствие каналов, и это было подтверждено изображениями (сделанными с более высоким разрешением и для всей поверхности Марса), полученными последующими космическими аппаратами, отправленными на Марс. Таким образом, от этой гипотезы пришлось отказаться.
- ✓ Два последующих зонда, Viking Landers, провели химические эксперименты на Марсе, чтобы получить свидетельства протекания биологических процессов, таких как фотосинтез. Сначала, когда к образцу почвы добавили воду, показалось, что найдены свидетельства биологической активности. Но большинство ученых, исследовавших этот вопрос, пришли к заключению, что просто произошла химическая реакция воды и почвы, и это вовсе не служит доказательством существования жизни. Это была опровергнутая гипотеза №2.
- ✓ Космические аппараты Viking Orbiter, двигаясь по орбите вокруг Марса, также отправляли на Землю изображения его поверхности. Они показали в одном месте поверхности форму, напоминающую человеческое лицо. И хотя очень многие естественные горные и каменные структуры на Земле напоминают профили знаменитых людей, по имени которых они и были названы, некоторые энтузиасты заявили, что "лицо на Марсе" — это некий памятник, воздвигнутый развитой цивилизацией. Но впоследствии более четкие изображения, полученные MGS, показали, что данная форма рельефа вообще не похожа на лицо. И это был третий удар по защитникам гипотезы о жизни на Марсе.

Но самое интересное, что, несмотря на эти три удара, сама гипотеза о существовании жизни на Марсе вовсе не опровергнута окончательно.

Ископаемое доказательство?

В 1996 году ученые проанализировали образцы метеорита, который, как они считают, является осколком Марса и был отколот от него в результате удара небольшого астероида или кометы. В ходе исследований они обнаружили химические соединения и мельчайшие минеральные структуры, которые они интерпретировали как побочные продукты химических реакций и, возможно, окаменелые остатки микроорганизмов древности. Эта работа очень противоречива, и большинство последующих исследований показали, что сделанные выводы были ложны. На основании имеющихся в настоящее время данных ученые не могут привести убедительные доказательства в пользу того, что в прошлом на Марсе существовала жизнь.

Единственное, что можно сделать, — это проводить на Марсе систематический поиск свидетельств существования жизни, в прошлом или настоящем, причем в тех районах, где это имеет смысл, т.е. там, где в прошлом, судя по всему, было много воды и где на дне древних озер или морей остались слои осадочных пород. Именно в таких местах находят большинство окаменелостей на Земле.

Современные исследования Марса: хроника последних событий

В 2003 году начался новый этап освоения Красной планеты. И это не случайно, потому что это год великого противостояния Марса: летом 2003 года он приблизился к Земле ближе всего за последние 60 тысяч лет.

Было запланировано несколько независимых программ изучения Марса — японская, европейская и американская. В ходе европейской программы 2 июня 2003 года с космодрома Байконур был осуществлен запуск космического аппарата Mars Express с помощью российской ракеты "Союз". В конце 2003 года Mars Express достиг окрестностей Марса, и от него успешно отделился спускаемый аппарат Beagle-2, разработанный в Великобритании. Планировалось, что Beagle-2 будет проводить исследования почвы и атмосферы Марса в течение полугода, а Mars Express останется на марсианской орбите и будет поддерживать связь с Землей.

В ночь на 25 декабря 2003 года Beagle-2 вошел в атмосферу Марса и достиг поверхности планеты. Однако на связь космическая лаборатория так и не вышла. Европейские специалисты считают, что Beagle-2, скорее всего, разбился о поверхность Марса.

Итак, выяснилось, что аппарат Beagle-2 потерян. Но миссия Mars Express на этом не закончилась: установленная на его борту мощная стереокамера будет передавать на Землю цветные трехмерные изображения поверхности Марса с очень высоким разрешением. Затем на основании полученных данных будет проведено подробное и качественное картографирование всей поверхности Марса. Mars Express оснащен мощными и чувствительными приборами для дистанционного зондирования марсианской поверхности, в создании которых принимали участие российские ученые. С помощью этой аппаратуры ученые намереваются обнаружить под поверхностью планеты продукты жизнедеятельности, в частности, метан, который вырабатывается микроорганизмами.

Европейская межпланетная станция Mars Express передала на Землю первые высококачественные снимки поверхности Марса с высоким разрешением. На них отображена Долина Маринер, каньон длиной 4000 км и глубиной до 10 км. Насколько известно, это самый крупный каньон в Солнечной системе.

Первый японский космический аппарат Nozomi, предназначенный для работы на орбите Марса, был запущен 4 июля 1998 года со стартового комплекса космического центра Кагосима. Его главной целью было изучение магнитного поля и верхних слоев атмосферы Марса, их взаимодействия с солнечным ветром. Но проблемы начались вскоре после старта. Из-за технических сбоев на Nozomi стало заканчиваться топливо, что стало причиной изменения его маршрута, а в 2002 году электронная система аппарата была повреждена солнечным излучением. Вторая попытка направить станцию к Марсу была предпринята в 2003 году и оказалась успешной. Однако в полете был исчерпан почти весь запас топлива Nozomi. Неоднократные попытки запустить двигатели станции для коррекции траектории не принесли результата. Станция сбилась с курса из-за нарушений в программе полета и не сможет выйти на нужную орбиту. В декабре 2003 года в японском космическом агентстве JAXA признали, что японская экспедиция по исследованию Марса потерпела неудачу.

Американская программа исследований оказалась более успешной. 10 июня и 7 июля 2003 года с космодрома на мысе Канаверал NASA запустило два космических корабля с марсоходами Spirit и Opportunity на борту. В начале 2004 года оба американских марсохода осуществили посадку на Марс. Они сели на противоположных сторонах планеты: Spirit — в кратере Гусева, а Opportunity — в заливе Меридиана. По словам ученых, выбор места не случаен: существуют предположения, что кратер Гусева когда-то был дном огромного озера, а залив Меридиана — морским дном. По имеющимся данным, кратер Гусева и залив Меридиана — одни из самых перспективных районов для поиска воды в экваториальной области Марса, так как влажность грунта там составляет примерно 7%.

Марсоходы Spirit и Opportunity — это шестиколесные аппараты, способные перемещаться по поверхности планеты со скоростью до 18 км/час. Их основные задачи — разведка местно-

сти, исследование марсианского грунта, сбор образцов различных минералов, анализ и передача научных данных на Землю. Ну и, конечно, главная задача — поиск воды. Для определения химического состава марсианского грунта используются спектрометры Мессбауэра российского производства, сделанные по заказу NASA и установленные на обоих марсоходах. Opportunity будет изучать территорию с залежами красного железняка, или гематита. Дело в том, что на Земле гематит обычно находят там, где происходило взаимодействие минералов с водой.

12 января 2004 года NASA распространило первую цветную панораму поверхности Марса разворотом в 360°, полученную с борта марсохода Spirit. Кроме того, Spirit обнаружил в образцах породы следы кристаллической соли. По мнению ученых, это может указывать на вулканическое происхождение камня, а также на то, что соль осталась после испарения соленой морской воды.

Марсоходы Spirit и Opportunity передали сведения о погоде на Марсе. По этим данным, погода на Красной планете не слишком благоприятна: днем — +20, ночью — –125 °С. Причем перепад между дневной и ночной температурами происходит в считанные минуты. Американские ученые связывают это с тем, что марсианская атмосфера не может удерживать тепло. Кроме того, резкие изменения температуры приводят к частым пыльным бурям, во время которых скорость ветра достигает 100 м/с.

За последними новостями о миссии марсоходов Spirit и Opportunity можно следить на Web-сайте NASA по адресу `http://marsrovers.jpl.nasa.gov/home/index.html`.

В конце января 2004 года Европейское космическое агентство сообщило, что европейская космическая станция Mars Express нашла на южном полюсе планеты воду, вернее, лед. Ученые заявили, что открытие сделано с помощью спектрометра, анализирующего минеральный состав почвы. Но воды в жидком агрегатном состоянии или микроорганизмов пока не обнаружено. Поиск воды — главная цель всех трех аппаратов, занимающихся исследованием Марса. Ее наличие может означать, что в прошлом на планете существовала жизнь. Кроме того, марсианская вода позволит существенно сократить затраты на планирующуюся NASA межпланетную экспедицию.

Неудача проекта Beagle-2 не сломила ученых; в Европе уже начали обсуждать новый марсианский проект Beagle-3. Судя по всему, европейские ученые не опускают руки и готовы к новым экспедициям на Марс.

После успешной посадки марсоходов Spirit и Opportunity на поверхность Красной планеты президент США Джордж Буш сделал сенсационное заявление о предстоящей колонизации Марса, которая должна начаться в ближайшие 10–20 лет. По мнению российских ученых, эти сроки нереальны. Однако они считают, что в более отдаленном будущем (примерно через 200 лет) это вполне осуществимо.

А вот пилотируемые полеты на Марс возможны уже в ближайшие 10 лет. Российские ученые считают, что для успешного полета на Марс у них есть все, кроме государственного финансирования. Еще в Советском Союзе было разработано несколько проектов пилотируемой экспедиции на Марс. Спектрометры Мессбауэра, работающие сегодня на Spirit и Opportunity, были созданы в советское время. Для спуска марсоходов на поверхность Красной планеты американцы использовали метод, разработанный советскими учеными для спуска на Луну советских луноходов. В России уже разработан эскизный проект корабля многоразового использования, способного доставить людей на Марс и вернуть их на Землю. И если удастся решить проблему финансирования и найти 15 миллиардов долларов (в такую сумму оценивается стоимость российской экспедиции на Марс), то первыми на Марсе могут оказаться русские. Для сравнения отметим, что американские специалисты оценивают проект пилотируемого полета на Марс в 150 миллиардов долларов.

Ученые считают, что исследования Марса очень важны и занимают особое место в изучении Солнечной системы. По научным данным, в процессе эволюции Марс и его атмосфера претерпели кардинальные изменения. Поэтому изучение этих изменений и причин, их вызвавших, имеет огромное значение для понимания прошлого и будущего Земли[1].

---

[1] *По материалам русскоязычных Web-сайтов.*

Наблюдение планет земной группы

С помощью указаний из астрономических журналов и Web-сайтов или программы-планетария (см. главу 2) можно попытаться найти на небе Меркурий, Венеру и Марс. Легче всего обнаружить Венеру, потому что это самый яркий объект на ночном небе после Луны.

Меркурий находится ближе всего к Солнцу, а Венера — следующая за ним. Обе этих планеты находятся внутри орбиты Земли, поэтому и Меркурий, и Венера всегда находятся в том же районе неба, что и Солнце (если смотреть с Земли.) Поэтому эти планеты можно найти в западной части неба после заката или в восточной перед рассветом. Когда Солнце находится под самой линией горизонта (сразу после заката или перед самым рассветом), можно увидеть объекты, которые находятся рядом с Солнцем, но западнее его, утром, до восхода Солнца, и объекты, которые находятся рядом с Солнцем, но восточнее его, вечером, после захода Солнца. Вашим девизом при поиске Меркурия или Венеры должны стать слова "Смотреть на восток" или "Смотреть на запад" в зависимости от того, проводите вы наблюдения перед рассветом или после заката.

Яркую планету, появляющуюся на востоке перед рассветом, обычно называют *утренней звездой*, а яркую планету, появляющуюся на западе после заката, — *вечерней звездой*. Поскольку Меркурий и Венера быстро движутся вокруг Солнца, утренней звездой на этой неделе может быть тот же объект, который станет вечерней звездой в следующем месяце (рис. 6.1).

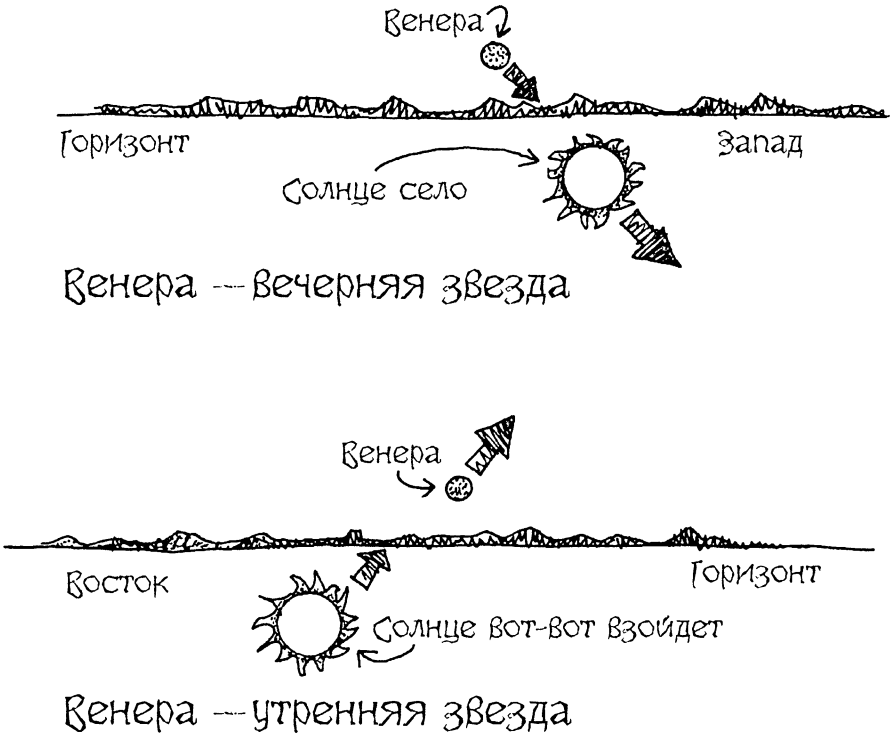


Рис. 6.1. Венеру называют утренней или вечерней звездой, хотя она вовсе не звезда

В следующих разделах я укажу самое лучшее время для наблюдения этих планет на основе элонгации, соединения и противостояния (три термина, описывающих расположение планет относительно Солнца и Земли) и расскажу, как использовать эти знания в наблюдениях планет земной группы.

Элонгация, противостояние и соединение

Элонгация, противостояние и соединение — это термины, с помощью которых описывают расположение планеты относительно Солнца и Земли. Вы встретите эти термины, когда, планируя свои наблюдения, будете просматривать координаты положений планет. Давайте выясним, что же они означают.

- ✓ *Элонгация* — это угол между планетой и Солнцем, видимый с Земли. Орбита Меркурия так мала, что эта планета никогда не отходит от Солнца дальше, чем на 28°. А в некоторые периоды Меркурий находится от Солнца на расстоянии не больше 18°, из-за чего его очень трудно разглядеть. Венера может удаляться от Солнца на расстояние до 47°.
- ✓ *Максимальная западная* (или *восточная*) *элонгация* имеет место, когда планета находится на максимальном удалении от Солнца, возможном в данный период видимости (т.е. когда планета видна с Земли). Одни максимальные элонгации больше других, потому что в одних случаях Земля ближе к планете, чем в других. Элонгации особенно важны при наблюдении Меркурия, поскольку эта планета обычно настолько близка к Солнцу, что небо вокруг нее не слишком темное и поэтому ее трудно разглядеть.
- ✓ *Противостояние* происходит, когда планета находится с противоположной от Солнца стороны Земли. Конечно, это невозможно для Меркурия или Венеры (поскольку они движутся внутри орбиты Земли), но зато противостояние Марса происходит примерно каждые 26 месяцев. Это самое лучшее время его наблюдения, потому что диск планеты имеет наибольший размер и он лучше всего виден в телескоп. И во время противостояния Марс в полночь находится на наибольшей высоте в небе, поэтому его можно наблюдать всю ночь.
- ✓ Термин *соединение* часто используется, когда два объекта Солнечной системы находятся рядом один с другим в небе, например, когда Луна проходит рядом с Венерой (как нам кажется с Земли). И хотя на самом деле Венера далеко от Луны, такое положение называется соединением Луны и Венеры.

Термин *соединение* имеет также практическое значение. Вместо того чтобы описывать положение планеты с помощью прямого восхождения и склонения, астрономы иногда используют эклиптические широту и долготу. Эклиптика — это воображаемая окружность в небе, соответствующая видимому с Земли годичному пути Солнца вдоль зодиакальных созвездий. Эклиптические широта и долгота — это значения углов, измеряемые в северном–южном направлении (широта) или западном–восточном (долгота) относительно эклиптики. (Не волнуйтесь, вам не понадобится использовать эклиптическую систему координат. Но знать о ней необходимо, чтобы понять определения, приведенные ниже.)

Верхнее и нижнее соединения

Внешними называют планеты, которые движутся за пределами земной орбиты. Это Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Предположим, внешняя планета находится на той же долготе, что и Солнце. Такое положение планеты называют *соединением* (или *верхним соединением*) (рис. 6.2).

Соединение — это неудачное время для наблюдения планеты, потому что она находится с обратной стороны Солнца (по отношению к наблюдателю на Земле). Поэтому не пытайтесь наблюдать Марс в соединении: вы его не увидите. Самое лучшее время наблюдения Марса — когда он находится в *противостоянии*.

Рис. 6.2. Планета в соединении находится на той же долготе, что и Солнце

Внутренними называют планеты, которые движутся внутри земной орбиты. Это Меркурий и Венера. Они могут находиться на той же долготе, что и Солнце, когда они окажутся между Землей и Солнцем, т.е. в *нижнем соединении* (как показано на рис. 6.3), или с обратной стороны Солнца в *верхнем соединении*.

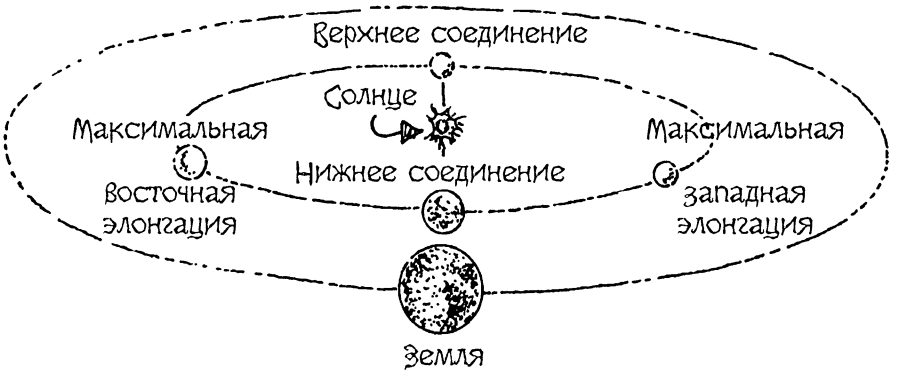


Рис. 6.3. Планета в нижнем соединении находится на той же долготе, что и Солнце, но внутри орбиты Земли

В следующих разделах я расскажу вам, как наблюдать планеты земной группы в порядке возрастания сложности. Начнем с Венеры, поскольку ее наблюдать легче всего.

Венеру лучше всего наблюдать в нижнем соединении, когда она кажется самой большой и самой яркой. Но Меркурий слишком близок к Солнцу, чтобы его можно было наблюдать в нижнем соединении, поэтому лучшее время его наблюдения — максимальная элонгация.

Венера и ее фазы

Венера — это планета, которую найти проще всего. Она настолько яркая, что люди, не имеющие никаких познаний в астрономии, иногда вдруг обращают на нее внимание и звонят на радиостанции, в газеты и планетарии, чтобы спросить, что это за "яркая звезда".

Когда редкие облака движутся с запада на восток перед Венерой, то некоторые люди неправильно воспринимают то, что видят. Им кажется, что это Венера (которую они не узнали) движется так быстро с востока на запад (т.е. в противоположном направлении относительно движения облаков). По причине яркости планеты и ложного впечатления от ее быстрого движения за завесой облаков Венеру часто принимают за НЛО. Увы, это не НЛО, а хорошо известная нам Венера.

Лучше узнав Венеру, вы сможете находить ее даже при свете дня. Очень часто Венера настолько яркая, что если небо чистое и нет ни тумана, ни дымки, ее можно обнаружить в небе с помощью *бокового зрения*. Это означает, что вы будете смотреть на нее "уголком глаза". Существуют причины, по которым иногда легче найти небесное тело с помощью бокового зрения, чем глядя прямо на него. (Боковое зрение — это способность, развившаяся у человека, вероятно, для выживания; благодаря этому врагу или хищнику труднее незаметно напасть на человека сбоку.) Но, какими бы ни были причины, это факт, о котором нужно знать при наблюдении неба.

В небольшой телескоп можно различить самые заметные характеристики Венеры: ее фазы и изменения видимого размера. У Венеры есть фазы, как и у Луны, причем по той же причине: иногда часть полушария Венеры, обращенного к Солнцу (и поэтому освещенного), оказывается повернутой от Земли. Поэтому в телескоп Венера выглядит как диск, частично освещенный и частично темный.

Угловые меры

Видимые размеры в небе измеряются в угловых единицах. Например, небесный экватор имеет длину 360°. Для сравнения, ширина Солнца и Луны — полградуса. Планеты намного меньше, поэтому для их описания нужны более мелкие единицы измерения. Градус делится на 60 угловых минут, а угловая минута делится на 60 угловых секунд. Таким образом, в градусе 3600 (60×60) угловых секунд. Во многих астрономических книгах и статьях угловая минута обозначается одним символом ′, а угловая секунда — двумя (″). Многие "непосвященные" часто путают это с футами и дюймами. Когда увидите в какой-то статье фразу типа "Диаметр Луны составляет примерно 30 футов", знайте, что над статьей поработал неграмотный редактор.

Диаметр Венеры всего на 5% меньше диаметра Земли. Ее видимый размер, или угловой диаметр, варьируется от примерно 10 угловых секунд, когда Венера находится на максимальном удалении (и имеет форму узкого серпа), до примерно 58 угловых секунд, когда она находится на максимальном приближении и имеет форму полной Луны.

Разделительная линия между светлой и темной частями диска Венеры называется *терминатором*, точно так же, как и у Луны. Только не путайте это с персонажем Арнольда Шварценеггера! Наш терминатор не представляет никакой опасности; это всего лишь воображаемая линия на диске Венеры.

По мере того как Венера и Земля обращаются вокруг Солнца, расстояние между этими планетами существенно меняется. В точке максимального приближения к Земле Венера на-

ходится от нее на расстоянии не больше 40 миллионов километров, а в точке максимального удаления — на расстоянии целых 256 миллионов километров. Здесь очень важно соотношение между данными цифрами: в точке максимального приближения Венера примерно в 6 раз ближе к Земле, чем в точке максимального удаления. И в телескоп она выглядит в 6 раз больше.

Но чего вы не увидите на Венере — так это следов столкновений, таких как кратеры. Венера полностью укрыта толстым слоем облаков, сквозь который ничего нельзя разглядеть. Яркость Венеры объясняется ее относительной близостью к Земле и Солнцу, а также наличием этого облачного слоя, имеющего высокую отражательную способность. Но иногда можно заметить рога серпа Венеры, выступающие гораздо дальше в темную часть диска, чем это должно быть в соответствии с ее фазой в данный день (иногда эти рога даже смыкаются). Это явление объясняют тем, что солнечный свет преломляется в атмосфере Венеры и переходит через терминатор в темную часть диска.

Изображения Венеры с эффектным узором облаков, которые часто помещают в книгах, делались в ультрафиолетовом диапазоне, поэтому и возникли эти узоры. Ультрафиолетовый свет задерживается атмосферой Земли (от этой опасной радиации нас защищает озоновый слой), поэтому вы не сможете увидеть Венеру в этом свете. В сущности, вы в любом случае не сумеете увидеть ультрафиолетовый свет, потому что он невидим для человеческого глаза. Но телескопы, установленные на искусственных спутниках и космических аппаратах, находящихся в космосе, т.е. за пределами земной атмосферы, могут делать фотографии в ультрафиолетовом диапазоне.

В редких случаях наблюдатели сообщают о бледном свечении на темной части диска Венеры. Это загадочное свечение, называемое *пепельным светом* (ashen light), в одних случаях — реальное явление, а в других — оптическая иллюзия. После многих веков исследований специалисты все еще не могут дать объяснение этому явлению, поэтому некоторые из них отрицают его существование. Если повезет, вы тоже сможете увидеть этот загадочный свет. Астрономы-любители сообщали также о других явлениях на Венере, которые они наблюдали в телескоп, но почти все эти сообщения оказались ложными. Эксперименты показали, что этот эффект имеет психологическую природу: если люди наблюдают на расстоянии чисто-белый шар (без каких бы то ни было рисунков на поверхности), то они могут "различить" узоры, которых на самом деле нет.

Марс делает петлю

Марс — это ярко-красный небесный объект, но далеко не такой сияющий, как Венера. Поэтому, чтобы убедиться, что вы не перепутали Марс с какой-нибудь ярко-красной звездой, например, с Антаресом из созвездия Скорпиона (название которого, кстати, означает "соперник Марса"), сверьтесь с картой звездного неба.

Большое преимущество Марса в том, что когда он виден на ночном небе, его, как правило, можно наблюдать почти всю ночь. Это вам не Меркурий с Венерой, которые садятся очень быстро после заката или восходят перед самым рассветом, так что не дают долго любоваться собой. А с Марсом у вас будет время и поужинать, и посмотреть вечерние новости, прежде чем вы пойдете во двор глядеть в телескоп.

В небольшой телескоп можно различить, по меньшей мере, несколько темных отметин на Марсе. Лучшее время наблюдения Марса длится несколько месяцев, но наступает оно только раз в 26 месяцев, когда Марс находится в противостоянии. В этом положении Марс выглядит самым большим и самым ярким, поэтому рассмотреть детали его поверхности совсем нетрудно.

Приведем даты предстоящих противостояний Марса:

- ✓ ноябрь 2005 года;
- ✓ декабрь 2007 года;
- ✓ январь 2010 года.

Не пропустите!

Венера в транзите

Одно из самых редких планетарных событий, которые вы можете увидеть — это *транзит* Венеры, когда она проходит прямо перед Солнцем и выглядит как крошечный черный кружок на фоне яркого солнечного диска. Это событие можно наблюдать невооруженным глазом (только обязательно воспользуйтесь надежным солнечным фильтром, о котором я расскажу в главе 10!), но ни один из ныне живущих астрономов никогда этого не видел. Дело в том, что последний транзит Венеры был в 1882 году.

Но зато у вас есть шанс увидеть это редкое явление, потому что вскоре произойдет два транзита — 8 июня 2004 года и 6 июня 2012 года. Возможно, чтобы увидеть это, вам придется совершить путешествие, но ваши усилия будут вознаграждены наблюдением столь редкого и необычного явления.

Обратное движение Марса

Простая задача для начинающих наблюдателей планет — проследить за движением Марса на фоне созвездий; для этого вам понадобятся только глаза и карта звездного неба. Найдите Марс среди звезд и отметьте мягким карандашом его положение на карте. Продолжайте наблюдения каждую ясную ночь, и вы увидите, как возникает рисунок (схема видимого движения Марса), который ставил в тупик древних греков и приводил к возникновению сложных, но по большей части, ложных теорий.

Большую часть времени Марс от ночи к ночи движется на восток, так же как Луна движется на восток на фоне созвездий. Но Луна так и продолжает двигаться, в то время как Марс иногда меняет направление своего движения на противоположное. На протяжении двух или даже почти трех месяцев (62–81 день) Марс движется на фоне созвездий на запад, проходя в обратном направлении примерно 10–20°. Затем он разворачивается и снова направляется на восток (т.е. в своем движении делает петлю). Движение в обратном направлении называют *обратным* (или *ретроградным*) *движением* Марса.

Обратное движение — это просто визуальный эффект, получаемый за счет движения Земли вокруг Солнца. Отмечая на карте движение Марса, вы находитесь на Земле, которая совершает полный оборот вокруг Солнца за 365 дней. Марс движется медленнее, совершая полный оборот вокруг Солнца за 687 дней. Поэтому, когда мы обгоняем Марс, находясь внутри его орбиты, то кажется, что на фоне далеких звезд он движется назад. Но на самом деле Марс всегда движется равномерно вперед.

Самое лучшее противостояние Марса в этом десятилетии происходило 27 августа 2003 года, когда его видимый диаметр имел 25 угловых секунд, что в полтора раза больше его видимого диаметра во время противостояния в апреле 1999 года. Самое лучшее противостояние Марса происходит, когда он находится южнее небесного экватора, но его все же можно увидеть в умеренных широтах Северного полушария.

В небольшой телескоп легче всего увидеть такую деталь поверхности Марса, как Большой Сирт, — большую темную область, простирающуюся от экватора на север. Продолжительность марсианского дня примерно равна земной: 24 часа 37 минут. Поэтому, если в течение ночи вы будете периодически смотреть на Марс, то, скорее всего, сможете увидеть Большой Сирт, медленно перемещающийся по диску планеты по мере ее вращения. А астрономы-любители, уже имеющие опыт наблюдения планет, смогут увидеть полярные шапки Марса, а также другие элементы его поверхности.

При наблюдении планет самое главное — это воспользоваться преимуществами времени *хорошей видимости*, т.е. спокойного состояния атмосферы. В такие моменты звезды не очень

сильно мерцают и можно использовать для телескопа окуляр с более сильным увеличением, чтобы выявить мелкие детали на поверхности Марса или какой-либо другой планеты. Когда видимость не очень хорошая, изображение в телескопе кажется размытым и "дергается". При таких условиях высокое увеличение не имеет смысла; это приведет только к увеличению размытого скачущего изображения. В этом случае лучше взять окуляр с небольшим увеличением.

Изображения Марса, полученные NASA с помощью межпланетных космических аппаратов и телескопа "Хаббл", слишком подробные для того, чтобы вы могли ими пользоваться при наблюдении в малый телескоп. Вам понадобится простая *карта альбедо* (отражательной способности), на которой отмечены формы и названия ярких и темных областей на Марсе, видимых в малый телескоп. Конечно, даже на карте альбедо показано больше деталей, чем может увидеть среднестатистический наблюдатель в среднестатистический телескоп, но все-таки это хороший справочник и ориентир, а также, в некотором смысле, вызов вашим наблюдательным способностям. Такую карту можно найти, например, на Web-сайте Mars Watch (Наблюдение Марса) по адресу `mpfwww.jpl.nasa.gov/mpf/marswatch/marsnom.html`.

Астрономы подразделяют условия наблюдения с точки зрения *видимости* ("спокойствия" атмосферы над телескопом), *прозрачности* (отсутствия облаков, тумана и дымки) и *темноты неба* (отсутствия мешающего искусственного освещения, лунного или солнечного света). При наблюдении такой яркой планеты, как Марс, наиболее важным фактором будет хорошая видимость, а наименее важным — темнота неба. Но чем темнее небо, спокойнее атмосфера и выше прозрачность, тем больше вам посчастливится наслаждаться картиной ночного неба.

К сожалению, даже во время противостояния Марса при идеальных атмосферных условиях в месте наблюдения случаются неудачи. Дело в том, что Марс — это планета, на которой происходят глобальные пыльные бури, тогда вся его поверхность скрывается из поля зрения.

Профессиональные астрономы просят астрономов-любителей помочь им в наблюдении Марса и сообщать о времени начала пыльной бури и других явных изменениях внешнего вида планеты. Получить информацию об этой программе можно на Web-сайте MarsNet по адресу `astrosun.tn.cornell.edu/marsnet/mnhome.html`. Конечно, намного интереснее наблюдать Марс при хорошей видимости, но если тут вас постигнет неудача, то можно, по крайней мере, приписать себе честь открытия пыльной бури. Специалисты радостно примут ваш отчет о пыльной буре, а не выбросят его с раздражением, так что не сомневайтесь.

Но, чтобы стать заслуживающим доверия наблюдателем Марса в телескоп, вы должны приобрести некоторый опыт. А если вы пока еще начинающий, то только из-за того, что вы не можете различить никаких деталей поверхности, не делайте вывод, что на Марсе пыльная буря. Сначала постарайтесь привыкнуть к наблюдению деталей поверхности Марса. И только научившись это делать, можете, не увидев привычной картины, предполагать, что дело действительно в самой планете, а не в вашей неопытности.

В научной среде есть знаменитое высказывание: "Отсутствие доказательств необязательно есть доказательство отсутствия". Проводя наблюдения в первый раз, вы можете не увидеть деталей, но это не означает, что причиной тому — пыльная буря. Вы должны натренировать свои способности наблюдения в телескоп, так же как гурманы и знатоки вин тренируют свои вкусовые рецепторы.

Как превзойти Коперника при наблюдении Меркурия

Говорят, что великий польский астроном XVII века Николай Коперник, предложивший гелиоцентрическую теорию (т.е. с Солнцем в центре) строения Солнечной системы, так и не смог обнаружить планету Меркурий. Но у Коперника не было современных инструментов и средств, таких как программы-планетарии, астрономические Web-сайты и астрономические журналы. С помощью этих средств вы можете выяснить, когда Меркурий будет находиться в лучшем месте для наблюдения в течение года. Это моменты максимальной западной и восточной элонгации, которые происходят примерно шесть раз каждый год.

Например, в умеренных широтах (т.е. на большей части территории России и Украины), Меркурий обычно виден только в сумерках (утренних или вечерних). Когда небо становится темным, т.е. когда после заката проходит достаточно много времени, Меркурий тоже заходит. И утром его нельзя обнаружить до того, как приближающийся рассвет начнет осветлять небо. Он напоминает яркую звезду, но все же выглядит намного более тусклым, чем Венера на западе после заката или на востоке перед рассветом.

Чтобы увидеть Меркурий, надо рано встать

Меркурий намного меньше Венеры, но его фазы можно увидеть в телескоп. Лучше всего это делать, когда Меркурий находится в западной элонгации и появляется в утренних сумерках. Состояние атмосферы или видимость почти всегда лучше на востоке перед рассветом, чем на западе после заката. Поэтому утром Меркурий виден лучше и четче. В различных руководствах, астрономических журналах и на Web-сайтах можно узнать, когда Меркурий находится в нужной элонгации.

Вы должны найти место, откуда будет хорошо просматриваться горизонт на востоке, потому что Меркурий поднимается в небе не слишком высоко, когда Солнце еще находится за горизонтом. Если вам трудно найти Меркурий невооруженным глазом, попробуйте исследовать этот участок неба с помощью бинокля с небольшим увеличением. Если же у вас телескоп с компьютерным блоком управления и встроенной базой данных, просто введите слово "Меркурий" и предоставьте телескопу сделать все остальное.

Меркурий в транзите

Как и Венера, Меркурий иногда виден в транзите, когда он проходит перед Солнцем и для наблюдателя с Земли выглядит как маленький черный диск на фоне солнечной поверхности. Попробуйте наблюдать транзит Меркурия в телескоп, пользуясь методами безопасного наблюдения Солнца, описанными в главе 10. (Не забывайте, что вы наблюдаете Меркурий на фоне Солнца, поэтому необходимо принять соответствующие меры предосторожности.) Ближайший транзит Меркурия будет наблюдаться 8 ноября 2006 года. В зависимости от вашего места жительства, возможно, для наблюдения этого события вам придется отправиться в путешествие.

Не рассчитывайте увидеть детали поверхности Меркурия

Увидеть детали поверхности Меркурия в малый телескоп, да и в любой телескоп на Земле, чрезвычайно трудно. Видимый размер Меркурия в максимальной элонгации составляет примерно 6–8 угловых секунд.

Некоторые опытные астрономы-любители сообщают о наблюдении деталей поверхности Меркурия, но эти наблюдения никогда не давали полезной информации. Некоторые величайшие планетные наблюдатели всех времен и народов думали, что они смогли увидеть и зарисовать детали поверхности Меркурия. И на основании полученных рисунков эти наблюдатели пытались

установить период вращения или меркурианские "сутки". Они пришли к выводу, что меркурианские сутки равны 88 земным. Но они ошибались. Впоследствии с помощью радиолокационных методов удалось установить, что меркурианские сутки равны только 59 земным.

Но, тем не менее, когда вы научитесь находить Меркурий невооруженным глазом, а затем наблюдать его фазы в телескоп, то оставите Коперника далеко позади!

Более подробную информацию о наблюдении Меркурия и других планет можно найти на Web-сайте Ассоциации наблюдателей Луны и планет (Association of Lunar and Planetary Observers — ALPO) по адресу `www.lpl.arizona.edu/alpo`, а также на сайте журнала "Звездочет" (`www.astronomy.ru/old_articles/1999/planets.htm`), сайте "Астрономия и телескопостроение" (`www.astronomer.ru/data/library/books/planets/planets.htm`) и др.

Почему поклонники Меркурия выбирают утро

Сейчас я объясню, почему наблюдать Меркурий лучше перед рассветом, чем после заката. К концу дня Солнце успевает нагреть Землю, поэтому наблюдению неба над горизонтом на закате мешают турбулентные потоки теплого воздуха, поднимающиеся с ее поверхности. А за ночь Земля остывает, и к утру воздух становится чистым и спокойным, без турбулентных вихрей. И для того чтобы нагреть землю и снова испортить видимость, Солнцу потребуется несколько часов.

Сравнительная планетология: почему Земля лучше всех

Меркурий — это крошечный мир экстремальных температур, но у него, как и у Земли, есть глобальное магнитное поле, что предполагает наличие у него расплавленного железного ядра, подобного земному. У Венеры и Марса нет глобального магнитного поля, но, тем не менее, у них с Землей много других общих черт. Однако вода в жидком состоянии и явное изобилие различных форм жизни сегодня присутствуют только на Земле. Так что же делает Землю такой особенной, отличной от других?

На Венере, в отличие от Земли, адская температура. Она дальше от Солнца, чем Меркурий, но еще горячее. Высокая температура обусловлена парниковым эффектом: атмосферные газы Венеры удерживают солнечное тепло, как в парнике, не давая ему уйти обратно. Возможно, в атмосфере Земли когда-то тоже содержалось много углекислого газа, как сейчас в атмосфере Венеры. Но на Земле большое количество углекислого газа поглощают океаны, и этот газ не может удерживать тепло так, как на Венере.

А Марс, наоборот, слишком холоден для поддержания жизни. К тому же он потерял практически всю свою атмосферу. И теперь она слишком разреженная для того, чтобы создать парниковый эффект, достаточный для нагрева поверхности до температуры выше точки замерзания воды.

Итак, Венера слишком горячая, Марс слишком холодный, а Земля — как раз то, что нужно для наличия воды в жидком состоянии и жизни в том виде, в котором мы ее знаем. Собрав воедино всю информацию об основных свойствах планет земной группы и их относительных различиях, мы можем сделать следующие выводы.

- ✓ Меркурий подобен Луне снаружи и Земле внутри.
- ✓ Венера — это "испорченный двойник" Земли.
- ✓ Марс — это маленькая погибшая Земля.

Так что оптимальная планета — Земля!

Глава 7

Пояс астероидов и околоземные объекты

В этой главе...

- Откуда появились астероиды
- Каков риск столкновения Земли с опасным астероидом
- Что делают ученые для предотвращения угрозы столкновения
- Наблюдение астероидов

Астероиды — это большие каменистые тела, обращающиеся вокруг Солнца. Астероиды в основном двигаются за орбитой Марса и безопасны для нас, но существуют тысячи астероидов, орбиты которых подходят близко к орбите Земли или даже пересекают ее. Многие ученые считают, что примерно 65 миллионов лет назад Земля столкнулась с астероидом, и это привело к исчезновению динозавров и многих других биологических видов.

В данной главе я расскажу вам об этих огромных камнях и объясню, как их наблюдать. И, если вам интересно, скажу правду о риске столкновения Земли с астероидом в будущем и об исследованиях, которые проводят ученые в связи с этим.

Астероиды, или Что осталось после рождения Солнечной системы

Астероиды часто называют малыми планетами. Астрономы считают, что это остатки от формирования Солнечной системы, т.е. объекты, которые так и не соединились для образования планет. У некоторых астероидов, например, Иды, есть даже собственные спутники (рис. 7.1).

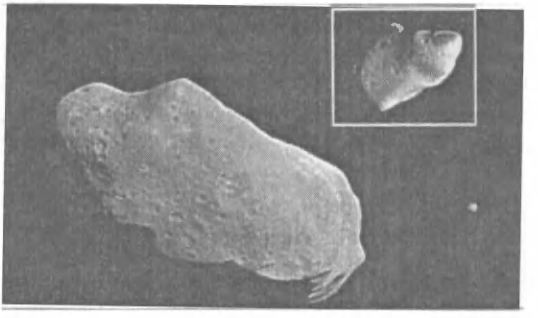


Рис. 7.1. У астероида Ида есть собственный спутник Дактиль

Размеры астероидов самые разные: от самых крупных, таких как Церера, диаметр которой составляет 933 км, до самых мелких, которые относят к крупным метеорным телам.

(Космический объект размером с булыжник — это очень маленький астероид или очень большое метеорное тело; выбирайте, какое название вам больше нравится.)

В настоящее время науке известно примерно 10 тысяч астероидов, причем регулярно открывают все новые и новые. Параметры орбиты точно рассчитаны примерно для 6000 из них. В малый телескоп вы легко сможете увидеть самые крупные астероиды, такие как Церера и Веста (более подробно о наблюдении астероидов мы поговорим в одном из разделов данной главы).

Церера и Веста настолько велики, что собственная гравитация делает их форму округлой. Но более мелкие астероиды обычно имеют овальную (можно даже сказать, "картофелеподобную") форму (рис. 7.2) и иногда напоминают осколки. В сущности, так оно и есть. Тела, вращающиеся в поясе астероидов, постоянно ударяют одно в другое, и от них откалываются большие и маленькие осколки. Большие осколки — это просто маленькие астероиды, а маленькие — это астероидные метеорные тела.

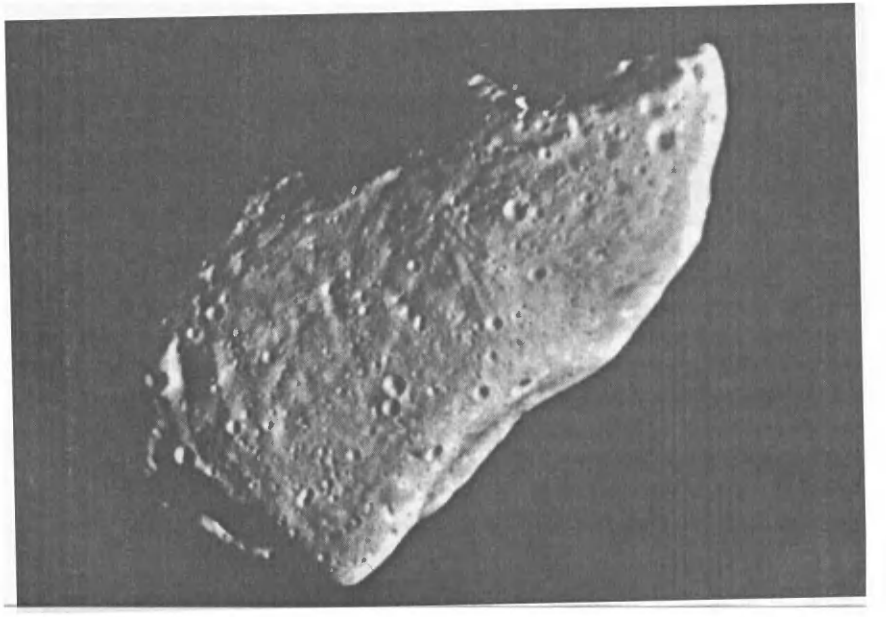


Рис. 7.2. Некоторые астероиды по форме напоминают большую картошку

Большинство известных астероидов находится между орбитами Марса и Юпитера. Этот район называют *поясом астероидов*. Время от времени мелкие астероиды (или крупные метеорные тела, как мы уже говорили) врезаются в Землю. Результатом одного из таких столкновений стал знаменитый Метеорный кратер[1] (его следовало бы назвать Метеоритным или Астероидным кратером) на севере штата Аризона, недалеко от Флагстаффа. Если у вас будет такая возможность, советую вам обязательно посетить это место, оно того стоит. Аризонский кратер — не самый крупный на Земле (существуют кратеры диаметром в сотни километров); однако он стал первым, для которого было доказано метеоритное происхождение и к тому же он лучше всех сохранил свой первоначальный вид.

---

[1] *Его называют также кратером Бэрринджера в честь его первооткрывателя — горного инженера Дэниэля Бэрринджера (Daniel Barringer). Диаметр этого кратера — 1,186 км, глубина — 180 м, высота окружающего вала — 40–50 м. Образован в результате падения метеорита примерно 49 тыс. лет назад.*

Поверхность Луны покрыта ударными кратерами. На Земле большинство ударных кратеров разрушилось под действием погодных и геологических процессов, таких как образование гор, эрозия и вулканизм. Фотографии многих красивых ударных кратеров Земли, сделанные с помощью аэрофотосъемки, можно посмотреть на сайте Views of the Solar System (Виды Солнечной системы) по адресу `www.solarviews.com/eng/tercrate.htm`.

Астероиды слишком малы для того, чтобы с Земли можно было увидеть особые детали их поверхности даже с помощью самых мощных телескопов; по большей части, они выглядят в небе как звезды. Но если вы понаблюдаете звездное небо в телескоп пару часов (или пару ночей), то сможете увидеть астероиды, перемещающиеся на фоне звездного неба.

Угрожают ли Земле околоземные объекты?

К сожалению, не все астероиды безопасно расположены за орбитой Марса. Орбиты тысяч мелких астероидов подходят близко к орбите Земли или даже пересекают ее. В эту группу *околоземных объектов* (Near Earth Object — NEO) входит около 170 тысяч *потенциально опасных астероидов* (Potentially Hazardous Asteroids — PHA); это означает, что однажды они могут оказаться в опасной близости от Земли или даже врезаться в нее. Центр малых планет (Minor Planet Center) Международного астрономического союза ведет учет PHA, и несколько обсерваторий занимаются "прочесыванием" неба в поисках новых PHA.

Астрономам не известны какие-либо особые объекты, которые в настоящее время угрожают Земле. Те, кто верят в теории о заговоре молчания, считают: если бы астрономы знали об астероиде "конца света", то не сказали бы. Но посудите сами: если бы я знал, что Земля в опасности, то оставил бы все дела и отправился куда-нибудь к южным морям, а не писал эту книгу.

В 1998 году в голливудских фильмах "Армагеддон" и "Столкновение с бездной" представили сенсационные версии того, что может случиться, если крупный астероид или комета окажутся на пути Земли. Истории о подобных катастрофах отчасти основаны на широко признанном выводе о том, что около 65 миллионов лет назад в Землю врезался астероид диаметром примерно 10 км. Возможно, в результате этого столкновения образовался кратер Чиксулуб диаметром 180 км, который частично находится на полуострове Юкатан, а частично — в море, в Мексиканском заливе. Существует мнение, что именно это событие стало причиной исчезновения динозавров (во всяком случае, можно с уверенностью утверждать, что ничего хорошего это им не принесло).

В марте 1998 года всеобщий ажиотаж вызвало объявление в СМИ о том, что только что открытый небольшой NEO может врезаться в Землю в 2028 году. Но вскоре, после проведения дополнительных наблюдений и расчетов, ученые установили, что орбита этого астероида не пересечется с орбитой Земли.

В настоящее время считается, что Земле ничто не угрожает. Но вполне возможно, что в будущем обнаружат NEO, который окажется на пути Земли, поэтому ученые размышляют о том, что можно сделать в такой ситуации.

Как подтолкнуть астероид

Некоторые специалисты предлагают создать ракету с мощным ядерным зарядом, чтобы остановить астероид-убийцу до момента столкновения. Но если мы взорвем астероид, направляющийся в нашу сторону, то результат может быть хуже, чем в случае столкновения.

Если мы взорвем астероид атомной бомбой, то на смертельной траектории по направлению к Земле окажется не один большой камень, а множество мелких, как разделяющиеся боеголовки с индивидуальным наведением баллистической ракеты СС-20. А СС-20 (или ее

аналоги) — это баллистическая ракета с самой мощной поражающей способностью. Она несет на борту несколько атомных зарядов, которые выпускают и наводят по разным вражеским целям. Но осколки астероида обладают гораздо большей энергией, чем все оружие России и США вместе взятое. Поэтому лучше не взрывать астероид, а использовать ракету с ядерным зарядом (или, возможно ракету какого-то другого типа), только чтобы подтолкнуть астероид, тогда он окажется в расчетной точке встречи немного раньше или немного позже Земли. И столкновения не будет. Фу! (можно вздохнуть с облегчением).

Но проблема в том, что ученые не знают, какую силу нужно приложить, чтобы подтолкнуть астероид. Мы не хотим разбивать его на части, но, поскольку механическая прочность астероида неизвестна, не знаем, насколько сильно нужно ударить по нему. Астероиды могут состоять из твердых или хрупких каменистых пород, а некоторые — почти полностью из металла. И весь вопрос в том, с каким именно нам придется иметь дело. А если не знать врага, то, ударив по нему, можно получить еще худший результат. Поэтому нужно разработать систему надежной защиты Земли от астероидов.

Предупрежден — значит вооружен

У астрономов есть план создания системы защиты Земли от опасных астероидов. Он состоит в следующем.

- ✓ Во-первых, создать полный список околоземных объектов, чтобы быть уверенными в том, что мы обнаружили все камни диаметром в километр и больше, относящиеся к сфере нашего интереса. Имеются в виду астероиды, достаточно большие и близкие для того, чтобы представлять потенциальную угрозу Земле.
- ✓ Затем следить за этими NEO и рассчитывать параметры их орбит, чтобы знать, не может ли какой-либо из них врезаться в Землю в обозримом будущем.
- ✓ И наконец, изучать физические свойства астероидов, чтобы узнать о них как можно больше.
- ✓ Затем, когда мы будем знать опасность в лицо, разработать ракету, чтобы противостоять нависшей угрозе.

Для наблюдения NEO в нескольких местах установлены телескопы, специально предназначенные для поиска астероидов. О результатах их работы можно узнать, например, на следующих сайтах.

- ✓ Проект Исследование околоземных астероидов в Лаборатории им. А. Линкольна (Lincoln Near Earth Asteroid Research — LINEAR), финансируемый Военно-воздушными силами США. Телескоп установлен в Вайт-Сендсе, штат Нью-Мексико (`www.ll.mit.edu/LINEAR`).
- ✓ Проект NASA слежения за околоземными астероидами (Near Earth Asteroid Tracking — NEAT). Наблюдения проводятся из обсерватории на Гавайях (`http://neat.jpl.nasa.gov`).

Существует также негосударственная организация, Spaceguard Foundation, цель которой — спасение Земли от астероидов-убийц. Возможно, они переоценивают свои силы; одно только спасение китов или пятнистых сов — уже очень сложная задача. Но вы можете более подробно узнать об этой организации на Web-сайте `spaceguard.ias.rm.cnr.it` и даже присоединиться к ней.

Список потенциально опасных астероидов ведется Центром малых планет на сайте `cfa-www.harvard.edu/iau/lists/Dangerous.html`. Видимо, ни один из этих астероидов

не больше 16 км в диаметре, причем большинство намного меньше. Но если астероид диаметром в несколько километров врежется в Землю на скорости 11 км/с, то произойдет гораздо более страшная катастрофа, чем при одновременном взрыве всех атомных бомб, созданных человечеством. И это именно тот редкий случай, когда астрономия — не удовольствие и не шутки.

Маленькие световые точки: поиск астероидов

Поиск астероидов чем-то напоминает поиск комет (см. главу 4), за исключением того, что на этот раз нужно искать небольшие световые точки, которые не размыты, а похожи на звезды. Но, в отличие от звезд, движение астероидов заметно на фоне звездного неба — от часа к часу и от ночи к ночи.

В малый телескоп легко увидеть самые крупные астероиды, такие как Церера и Веста; в периоды их хорошей видимости в астрономических журналах и на Web-сайтах обычно заранее публикуют карты, по которым можно ориентироваться. С помощью хороших программ-планетариев также можно создать звездные карты, на которых будет показано местонахождение этих астероидов.

В табл. 7.1 перечислены самые крупные объекты пояса астероидов. Два самых крупных, Церера и Паллас, находятся примерно на одинаковом расстоянии от Солнца, но орбита Палласа представляет собой намного более вытянутый эллипс, чем орбита Цереры.

Таблица 7.1. Четыре самых крупных астероида

Название	Диаметр (км)	Среднее расстояние от Солнца (а.е.)
Церера	934	2,77
Паллас	526	2,77
Веста	510	2,36
Гигея	408	3,14

Поиск неизвестных в настоящее время астероидов часто ведут опытные астрономы-любители с помощью установленных на телескопах фотоаппаратов с электронным блоком управления. Они делают ряд снимков выбранной области неба, обычно в направлении, противоположном Солнцу (которое, естественно, находится за горизонтом), а затем сравнивают их. И если заметно, что маленькая световая точка (похожая на звезду) меняет свое положение от одного снимка к другому, то, вероятно, это астероид.

Вы сумеете вести систематический поиск неизвестных астероидов только через несколько лет практики, когда станете опытным астрономом-любителем. Но как только вы научитесь использовать телескоп, займитесь наблюдением некоторых хорошо известных астероидов. Поищите в астрономических журналах и на Web-сайтах звездные карты и описания к ним, которые помогут вам сориентироваться для обнаружения крупных астероидов.

Астероидные покрытия

Покрытие — это вид затмения, которое происходит, когда движущееся тело в Солнечной системе проходит перед звездой. Бывают покрытия звезд Луной (лунные покрытия), астероидами (астероидные покрытия), планетами (планетные покрытия), спутниками и кольцами планет, а также кометами.

Конечно, можно просто получать удовольствие от наблюдения покрытия, не занимаясь сбором научных данных, но зачем же терять уникальную возможность! Параметры покрытия меняются в зависимости от того, в какой точке Земли находится наблюдатель. На основании

данных о покрытии астрономы могут получить более точные сведения о количестве небесных объектов. Например, иногда покрытие позволяет обнаружить, что объект, казавшийся обычной звездой — на самом деле *двойная звезда*, т.е. система из двух звезд, обращающихся вокруг общего центра масс.

Чтобы ваши наблюдения представляли научную ценность, нужно точно отмечать время и место (широта, долгота и высота над уровнем моря) их проведения. В прошлом наблюдатели определяли свое местонахождение по топографическим картам. Но сегодня, если наблюдения проводятся группой астрономов-любителей, у одного из них, возможно, есть GPS-терминал (т.е. терминал глобальной системы определения местонахождения). Такой прибор можно купить примерно за 350 долларов, и с его помощью вы сумеете точно определить свои координаты.

Помощь в наблюдении покрытий

Астероидные покрытия наблюдать намного сложнее, чем лунные, потому что их, как правило, нельзя предсказать заранее с достаточной точностью. Астрономы отправляются в различные места, где, по прогнозам, можно наблюдать астероидные покрытия. Но поскольку диаметр, параметры орбиты и форма большинства астероидов известны с недостаточной точностью, прогнозы также не могут быть точными. В одних местах покрытия видны, а в других — нет, поэтому для наблюдения за ними нужны добровольцы в разных местах. Любительские наблюдения помогают определить форму и размеры астероидов — участников покрытия.

Самые последние прогнозы покрытий можно найти на Web-сайте Международной ассоциации определения моментов покрытий (International Occultation Timing Association — IOTA) по адресу `lunar-occultations.com/iota/iotandx.htm`. А в русскоязычной Internet о покрытии звезд астероидами в 2004 году можно узнать на сайте Дениса Денисенко по адресу `hea.iki.rssi.ru/~denis/occ2004.html`; на этом же сайте приведены карты наблюдения покрытий по регионам Европа, Сибирь и Дальний Восток.

IOTA рекомендует начинающим наблюдать покрытия вместе с опытным астрономом, чтобы научиться этому искусству и приобрести нужные навыки.

Глава 8

Газовые гиганты Юпитер и Сатурн

В этой главе...

- Газовые гиганты
- Особенности Юпитера
- Большое Красное Пятно
- Наблюдение спутников Юпитера
- Кольца и спутники Сатурна

Юпитер и Сатурн представляют собой великолепное зрелище в малый телескоп, причем один из них или даже оба обычно удачно расположены в небе, так что их удобно наблюдать. Четыре самых крупных спутника Юпитера и знаменитые кольца Сатурна — это объекты, которые астрономы-любители очень любят демонстрировать своим друзьям и родственникам. Но эти планеты-гиганты и их спутники поражают не только внешним видом, но и теми научными открытиями, которые были сделаны в связи с ними.

Атмосфера Юпитера и Сатурна

То, что вы видите на Юпитере и Сатурне, — это облака, состоящие из белых кристаллов аммиака, водяного льда (как перистые облака на Земле) и соединения под названием гидросульфид аммония. Облака из водяных капель также могут быть частью этой смеси. Но внешность обманчива, так как вещество облаков — остаточное. Юпитер и Сатурн состоят, в основном, из водорода и гелия, как и Солнце. И, несмотря на многочисленные теории, ученые не могут понять, какие химические вещества делают Большое Красное Пятно на Юпитере красным или создают беловато-желтоватые оттенки в облаках двух этих огромных планет.

Юпитер и Сатурн — это две самые крупные из четырех газовых планет-гигантов (две остальные — Уран и Нептун). Масса Юпитера в 318 раз, а Сатурна — примерно в 95 раз превышает земную. На этих планетах огромная сила тяжести, а вес верхних атмосферных слоев создает чудовищное давление. Спуск на Юпитер или Сатурн чем-то напоминает глубоководное погружение. Чем ниже вы опускаетесь, тем выше становится давление. Но об акваланге нечего и думать. Давление высочайшее и, в отличие от моря, по мере "погружения" температура резко возрастает.

Высоко в атмосферных слоях, там где облака, температура падает до –149 °C на Юпитере и до –178 °C на Сатурне. А ниже действует давление. Если опуститься с уровня облаков Юпитера на 10 тысяч километров, то давление там будет превышать земное атмосферное давление на уровне моря в миллион раз. А температура будет такой же, как на видимой поверхности Солнца. Но Юпитер намного таинственнее Солнца. Плотность газа на этом уровне намного выше, чем на поверхности Солнца, и горячий водород настолько сжат, что ведет себя, словно жидкий металл.

Вихревые течения этого "жидкого металлического" водорода создают на Юпитере и Сатурне мощные магнитные поля, простирающиеся далеко в космос.

Земля почти всю свою энергию получает от Солнца, в то время как Юпитер и Сатурн ярко светятся инфракрасным светом, причем каждый из них генерирует почти столько же энергии,

сколько получает от Солнца. Внутреннее тепло Земли создается за счет энергии, выделяемой радиоактивными веществами, такими как уран. Но огромная сила тяжести Юпитера и Сатурна сжимает их, а если сжать газ, он нагревается. Поэтому глубоко внутри эти планеты чрезвычайно горячие. Поднимающееся вверх тепло, вместе с идущими вниз сияющими лучами Солнца, вносят возмущения в атмосферу и создают сильные воздушные потоки, ураганы и другие атмосферные бури, которые постоянно меняют внешний вид этих планет.

Наблюдение Юпитера

Масса Юпитера составляет примерно тысячную долю массы Солнца. Иногда его называют даже "неудавшейся звездой". Если бы его масса была всего в 80–90 раз больше, то температура и давление в его центре стали бы столь высокими, что начался бы процесс ядерного синтеза. И тогда Юпитер действительно стал бы звездой!

Юпитер легко найти, потому что он, как и Венера, ярче любой другой звезды в небе. (Небольшое исключение: когда Юпитер находится с обратной стороны Солнца, он выглядит тусклее, чем самая яркая звезда, Сириус.) Если использовать телескоп с компьютерным блоком управления, который может ориентироваться по положению планеты, или просто знать, куда смотреть, то иногда можно увидеть Юпитер даже днем.

Юпитер — это действительно огромный газовый шар, экваториальный диаметр которого составляет примерно 143 тысячи километров. Эта гигантская планета вращается с огромной скоростью, делая один полный оборот всего за 9 часов 55 минут 30 секунд. Из-за такой большой скорости создаются постоянно меняющиеся полосы облаков, параллельные экватору планеты. Наблюдая Юпитер в телескоп, вы на самом деле видите верхний слой его облаков. В зависимости от условий наблюдения, размера и качества телескопа, а также состояния самого Юпитера, можно увидеть от всего одной до целых 20 полос облаков (рис. 8.1).

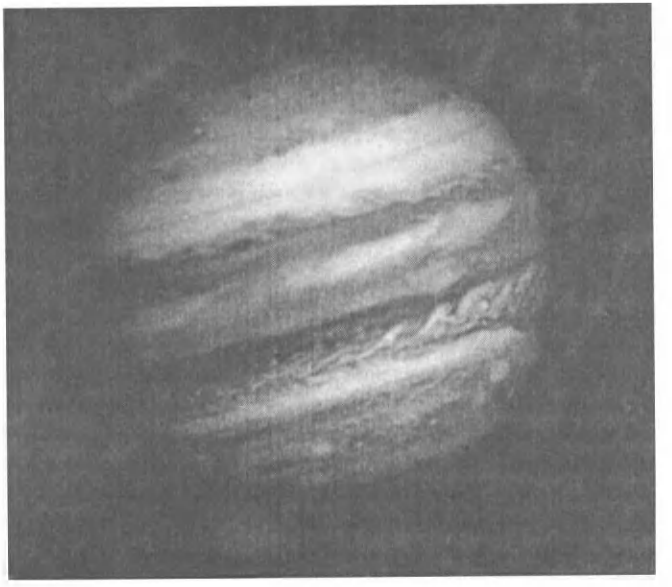


Рис. 8.1. Юпитер и его полосы облаков

Более темные полосы облаков Юпитера называют поясами, а более светлые — зонами. Рядом с центром диска находится Экваториальная Зона, ограниченная по бокам Северным и Южным экваториальными поясами (North Equatorial Belt — NEB и South Equatorial Belt — SEB). В SEB находится Большое Красное Пятно, самая заметная деталь Юпитера. Это атмосферное возмущение, которое иногда сравнивают с мощным ураганом, "висит" в атмосфере Юпитера уже по меньшей мере 120 лет. На самом деле Большое Красное Пятно можно было увидеть уже в 1664 году, но затем оно "угасло" и появилось снова лишь в XIX веке.

В поисках Большого Красного Пятна

Большое Красное Пятно, показанное на рис. 8.2, — это вихревое образование размером с Землю, а иногда и больше. Как и большинство деталей Юпитера, оно меняется день ото дня. Его цвет может побледнеть или стать более насыщенным. Белые облака, которые настолько велики, что их видно в некоторые любительские телескопы, образуются возле этого пятна и движутся вдоль Южного экваториального пояса. Иногда кажется, что облако в SEB или в другом поясе растягивается по всей планете. Облако такой формы называется *гирляндой* (festoon) и наблюдение этого удивительного зрелища — настоящий праздник!

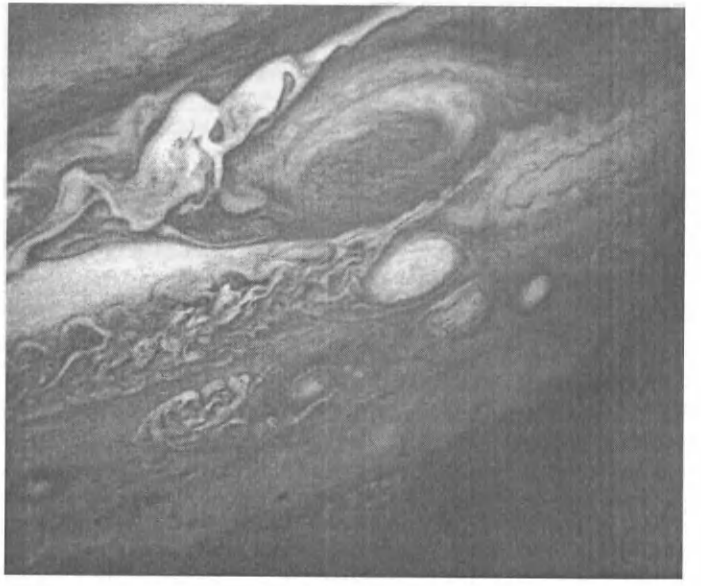


Рис. 8.2. Большое Красное Пятно Юпитера

Фотография любезно предоставлена NASA

В начале 1990-х годов один из поясов Юпитера, казалось, внезапно исчез. Но впоследствии он появился вновь. И если это произойдет опять, то, вполне возможно, первым это обнаружит какой-нибудь астроном-любитель.

У Юпитера тоже есть кольца[1], состоящие из небольших каменистых частиц. В отличие от колец Сатурна, они темные и не видны в любительские телескопы. Но на самом деле их труд-

[1] *Ширина — около 1000 км, толщина — примерно 30 км; впервые сфотографированы космическим аппаратом Voyager-1 в марте 1979 года.*

но увидеть в любой телескоп, за исключением телескопа "Хаббл" и тех инструментов, которые доставляют прямо к Юпитеру космические зонды.

Если сначала вы не увидите Большое Красное Пятно, то, возможно, вы смотрите на него в момент, когда оно побледнело. Но вероятнее, что пятно просто находится на обратной стороне Юпитера. Поэтому вам придется подождать, пока Юпитер повернется так, чтобы оно показалось снова. Если вы будете рассматривать в телескоп детали Юпитера с часовыми или двухчасовыми интервалами в течение ночи, но увидите, что эти детали перемещаются по диску планеты по мере вращения Юпитера.

Юпитер вращается так быстро, что это вращение делает его выпуклым возле экватора и сплющенным на полюсах. Если наблюдать его ясной ночью при спокойном состоянии атмосферы, то можно увидеть в телескоп этот сплющенный сфероид.

Охота за Галилеевыми спутниками

При спокойном состоянии атмосферы и хорошей видимости можно увидеть в телескоп детали Юпитера и, возможно, один или несколько его спутников. У Юпитера четыре крупных спутника — Ио, Европа, Ганимед и Каллисто.

Четыре самых известных спутника Юпитера называют также Галилеевыми спутниками в честь их первооткрывателя Галилео Галилея[2]. Орбиты всех этих четырех спутников практически полностью лежат в экваториальной плоскости Юпитера. Поэтому каждый из них всегда находится прямо над какой-либо точкой экватора Юпитера. Спутники Юпитера можно увидеть в любой телескоп, а многим даже удается увидеть два-три спутника в хороший бинокль. Спутник Юпитера Ио, находящийся ближе всего к его поверхности, трудно увидеть в бинокль, потому что он всегда расположен рядом со своей яркой планетой. Помимо перечисленных крупных, у Юпитера есть еще множество более мелких спутников.

Вы не сумеете увидеть в свой телескоп много деталей на любом из спутников Юпитера (или Сатурна) и, таким образом, понять, что представляет собой их поверхность. Но наверняка заметите разницу в их яркости и (при внимательном наблюдении), возможно, в цвете.

Но если вы посмотрите на фотографии Галилеевых спутников, сделанные с помощью космического зонда, то увидите, что каждый спутник — это маленький самостоятельный мир, структура и пейзаж которого придает ему индивидуальный характер.

- ✓ *Ганимед*, диаметр которого составляет 5268 км, — больше Меркурия (диаметр которого — 4880 км); он считается самым крупным спутником в Солнечной системе. Пятнистая поверхность Ганимеда состоит из светлых и темных зон; предполагают, это покрытые льдом и каменистые районы соответственно. Самая заметная его деталь — Валгалла, огромный кольцевидный ударный бассейн, по размерам примерно такой же, как континентальная часть США (если оценивать его размер по самому внешнему кольцевому гребню).
- ✓ Поверхность *Ио* усеяна более чем 80 активными вулканами. Помимо Земли, это единственное место, где есть явные свидетельства идущих вулканических процессов. Вероятнее всего, вулканы Марса давно мертвы, а свидетельства активного вулканизма на Венере весьма противоречивы — здесь можно различить большие вулканы, но они, скорее всего, тоже мертвы.

[2] *Галилей открыл эти спутники в 1610 году.*

- ✓ На *Европе* есть складчатые структуры, похожие на ледяные торосы. Похоже, ее поверхность — это ледяная корка, под которой находятся талый снег и океаны воды, возможно, глубиной 150 км. Помимо Земли, это единственное место в Солнечной системе, где есть веские доказательства наличия воды в жидком состоянии. Наличие воды на Марсе под слоем вечной мерзлоты — это только теория.
- ✓ У *Каллисто* темная поверхность, усеянная многочисленными белыми кратерами. Вероятно, ее поверхность представляет собой грязный лед, смесь льда и камня. А в местах ударов астероидов, комет и крупных метеоритов на поверхность из нижних слоев вышел чистый лед. Отсюда и белые кратеры.

Конечно, вы не будете наблюдать спутники Юпитера крупным планом, так как для этого необходимо очень сложное специальное оборудование. Но в телескоп можно увидеть некоторые аспекты этих спутников (об этом — в следующем разделе).

Ио, Ганимед, Европа и Каллисто постоянно движутся, меняют свое относительное положение и, по мере обращения вокруг Юпитера, то появляются, то исчезают. Если вы не видите один из этих спутников, то вот некоторые вероятные причины.

- ✓ Может, сейчас *покрытие*, когда один из спутников проходит за диском Юпитера.
- ✓ Может, сейчас *затмение* спутника, когда он заходит в тень Юпитера. Поскольку Земля обычно находится в стороне от прямой линии "Солнце–Юпитер", тень Юпитера может простираться далеко в сторону от него (с точки зрения наблюдателя с Земли). Когда хорошо видимый спутник, находящийся далеко от Юпитера (а не за его диском), внезапно тускнеет и исчезает, значит, он зашел в тень Юпитера.
- ✓ Спутник может быть *в транзите* перед диском Юпитера; в это время его особенно трудно увидеть. Дело в том, что спутники имеют бледные цвета, и по этой причине их трудно разглядеть на фоне облачной атмосферы Юпитера. На самом деле спутник в транзите разглядеть намного труднее, чем его тень (см. ниже).
- ✓ Вы можете наблюдать также *тень спутника*, когда один из них оказывается между Юпитером и Солнцем и отбрасывает тень на планету. Тень — это черное пятно, намного более темное, чем любое облако, перемещающееся на фоне диска планеты. Спутник, отбрасывающий тень, в это время может быть в транзите, т.е. с точки зрения наблюдателя на Земле он виден на фоне диска Юпитера. Но так бывает не всегда. Когда Земля находится далеко в стороне от линии "Солнце–Юпитер", на Юпитер может отбрасывать тень спутник, который не находится перед его диском.

Когда наблюдать спутники

Ежемесячное расписание покрытий, затмений, транзитов и других астрономических событий четырех Галилеевых спутников можно найти в журналах и на Web-сайтах. Можно найти также ежедневные схемы положений этих четырех спутников относительно диска Юпитера. Чтобы отличить один спутник от другого, нужно сравнить то, что вы видите в телескоп, с картой. При наблюдении покрытий, затмений, транзитов и других астрономических событий помните следующее.

- ✓ Все четыре Галилеевых спутника обращаются вокруг Юпитера в одном направлении. Когда они находятся с ближней к Земле стороны Юпитера (с точ-

ки зрения наблюдателя на Земле), то движутся с востока на запад, а когда с обратной — то движутся с запада на восток.

- ✓ Поэтому спутник в транзите движется в западном направлении, а спутник, с которым должно произойти покрытие или затмение, — в восточном. Имеются в виду географические направления (восток–запад) в небе над Землей.

При отличных условиях видимости в телескоп с диаметром объектива 15 см и больше можно даже рассмотреть некоторые детали на Ганимеде, самом крупном из Галилеевых спутников. (Более подробно о телескопах говорилось в главе 3.) Но, чтобы рассмотреть детали поверхности, необходимо изображение, полученное межпланетным космическим аппаратом, посетившим систему Юпитера.

Самые лучшие изображения Юпитера и его спутников получены космическими зондами Galileo и Voyager-1 и Voyager-2, а также космическим телескопом "Хаббл". Изображения, сделанные Galileo, находятся по адресу `galileo.ivv.nasa.gov/images.html`. А коллекцию изображений, сделанных телескопом "Хаббл", можно посмотреть на сайте Института космических исследований с помощью телескопов (Space Telescope Science Institute) по адресу `oposite.stsci.edu/pubinfo/SolarSystemT.html#Jupiter`. Изображения, полученные космическим зондом Voyager, а также некоторые другие, вы найдете на Web-сайте "Планетный фотожурнал NASA" (NASA's Planetary PhotoJournal) по адресу `photojournal.jpl.nasa.gov/`. Чтобы попасть в нужный раздел, щелкните на изображении Юпитера.

Юпитер и кометы

Иногда, очень редко, в Юпитер врезается комета, и тогда появляется темное пятно, которое может быть видно несколько месяцев. Никто не знал об этом до июля 1994 года, когда огромные осколки распавшейся кометы Шумейкера–Леви врезались в Юпитер. Но астрономы изучили старые сведения о деталях на диске Юпитера и обнаружили несколько подозрительных отметин, которые, вероятно, возникли таким же образом.

Конечно, маловероятно, что вы увидите, как комета врезается в Юпитер, но эту возможность тоже нужно иметь в виду. Поэтому, если вы увидите какое-нибудь новое темное пятно, сделайте заметку об этом и постарайтесь зарисовать его расположение.

Астроном-любитель Дэвид Леви стал известным на весь мир после того, как помог открыть комету Шумейкера–Леви-9, врезавшуюся в Юпитер. Благодаря своим ясным и понятным отчетам об этом и других астрономических событиях он теперь получает высокие гонорары за лекции, статьи и книги. И вы тоже можете стать всемирно известным — для этого достаточно внимательно наблюдать за движением небесных объектов в Солнечной системе!

Миссия Galileo

Космический зонд Galileo был запущен к Юпитеру в 1989 году и в декабре 1995 года вышел на орбиту планеты. В течение 8 лет Galileo изучал Юпитер с близкого расстояния. Несмотря на неудачи, преследовавшие его с самого начала, эта космическая миссия оказалась одной из самых удачных. Впервые за всю историю космических исследований, ученые получили точные данные об атмосфере Юпитера и о его естественных спутниках — Европе, Ганимеде, Ио и Каллисто.

С борта автоматической исследовательской станции на Землю была передана информация о составе атмосферы планеты и характеристиках ее магнитного поля. Эти данные помогли

ученым разгадать многие загадки Юпитера, в частности причину бушующих там гроз. Однако самые сенсационные открытия были сделаны при изучении спутников Юпитера: сделаны снимки извержения вулканов на Ио и ледяной коры Европы.

Полученные данные говорят о том, что поверхность Европы не похожа ни на что другое в Солнечной системе. Она ровная и гладкая и не покрыта кратерами. Ученые предполагают, что это лед. Раз есть лед, значит, есть вода. А там, где есть вода, может быть жизнь. Данные, полученные Galileo, с высокой вероятностью говорят о том, что на Европе есть гигантский океан глубиной до 50 км. И, по мнению ученых, в нем может жить кто угодно — от простейших микробов и бактерий до таких существ, которых землянам даже трудно себе представить.

Если бы Galileo оставался на орбите до полной выработки ресурсов, то упал бы на Европу. И тогда земные микроорганизмы, живущие на космическом корабле, заразили бы маленькую планету и нанесли непоправимый вред живым микроорганизмам, которые, возможно, ее населяют. Именно поэтому руководство NASA приняло решение сжечь Galileo в атмосфере Юпитера. И 21 сентября 2003 года Galileo сгорел в его атмосфере. Даже во время падения исследовательский аппарат продолжал передавать информацию на Землю[3].

Сатурн и его фантастические кольца

Большинство людей знают о Сатурне благодаря его удивительным кольцам. В течение многих веков астрономы считали, что Сатурн — это единственная планета, имеющая кольца. Но сегодня известно, что кольца есть у всех четырех планет — газовых гигантов: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Однако большинство этих колец слишком тусклые, чтобы их можно было увидеть в малый или даже большой телескоп с Земли. И только Сатурн является счастливым исключением из этого правила!

Кольца Сатурна обычно легко увидеть, потому что они большие и состоят из ярких ледяных частиц — мириады мелких и крупных ледяных осколков. В малый телескоп можно увидеть эти кольца, а также тени, которые они отбрасывают на диск Сатурна (рис. 8.3). При отличных условиях наблюдения можно увидеть также *щель Кассини* — промежуток между кольцами, названный в честь исследователя, впервые сообщившего о нем.

Астроном XVII века Галилео Галилей, который открыл кольца Сатурна, был озадачен, когда они вскоре исчезли (как ему показалось). Дело в том, что после многих ночей наблюдения он застал Сатурн в тот момент, когда его кольца были направлены в сторону Земли ребром (об этом подробно говорится в следующем разделе). Кольца не видны, когда они обращены в сторону Земли ребром, а не поверхностью, потому что плоскость этих колец очень тонка.

Диаметр колец Сатурна — 200 тысяч километров, но толщина их — всего несколько десятков метров. По пропорциям эти кольца можно сравнить с "листом папиросной бумаги размером с футбольное поле", по выражению профессора Джозефа Бернса из Корнелльского университета.

Когда кольца не видны

Иногда бывает так, что кольца Сатурна, которые в этот же самый телескоп были отлично видны всего несколько месяцев назад, внезапно трудно различить. А если смотреть в малый телескоп, то может даже показаться, что они исчезли. Но все дело в том, что в это время кольца обращены к Земле ребром, а не поверхностью.

Как уже говорилось, кольца Сатурна очень большие, но очень тонкие. Они сохраняют фиксированную ориентацию, т.е. одно и то же направление в космическом пространстве. Ка-

[3] *По материалам англо- и русскоязычных Web-сайтов.*

ждый год некоторую часть времени кольца повернуты к Земле своей поверхностью (с точки зрения наблюдателя на Земле), а через три месяца они поворачиваются к Земле почти ребром; затем этот цикл повторяется сначала.

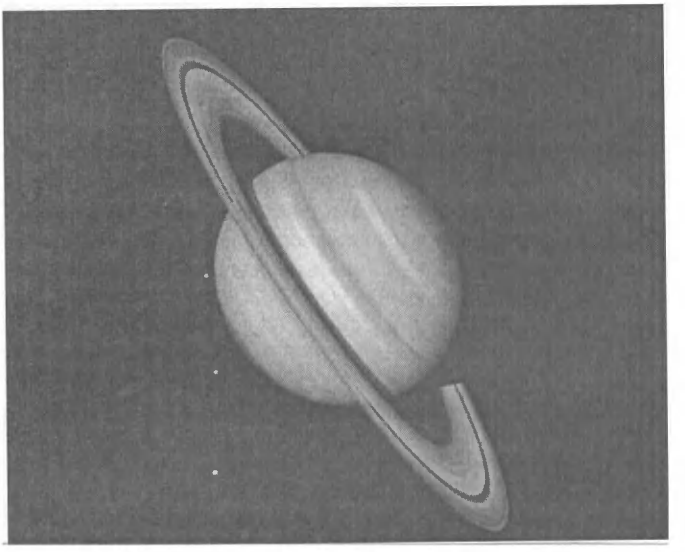


Рис. 8.3. Сатурн и его кольца

Фотография любезно предоставлена NASA

Но во время движения Сатурна по его 30-летней орбите существуют моменты — каждые 15 лет — когда его кольца оказываются точно направленными ребром к Земле и в малый (а иногда даже в большой) телескоп кажется, что они вообще исчезли. В эти моменты в мощный телескоп можно увидеть кольца, проектируемые в виде очень тонкой темной линии на диск Сатурна. Последний раз это происходило в 1996 году, а следующий такой случай не представится до 2011 года.

Наблюдайте за бурями!

У Сатурна, как и у Юпитера, тоже есть пояса и зоны, но они не так контрастируют и их труднее увидеть. Рассмотреть их удается в условиях хорошей видимости и при использовании мощного окуляра, позволяющего обнаружить детали планет.

Примерно один раз в 30 лет в северном полушарии Сатурна появляется большое белое облако (или происходит "большая белая буря"). Сильные ветры с большой скоростью разносят это облако, пока вокруг планеты не сформируется плотная светлая полоса. А через несколько месяцев все это исчезает. Иногда астрономы-любители первыми обнаруживают новую бурю на Сатурне. Последний раз сильная белая буря на Сатурне наблюдалась в 1990 году, так что увидеть следующую мы сможем примерно через 20 лет. А пока ищите меньшие пятна белых облаков, которые распространяются не над всей поверхностью планеты. Сатурн делает полный оборот вокруг своей оси за 10 часов 39 минут 22 секунды и имеет еще более сплющенную на полюсах форму, чем Юпитер. Но кольца создают некоторую оптическую иллюзию, поэтому разглядеть сплющенную форму Сатурна не так-то просто.

Самый большой спутник

Титан, самый крупный спутник Сатурна, больше Меркурия. Его диаметр составляет 5150 км. У некоторых других крупных спутников Сатурна есть очень тонкий атмосферный слой, но у Титана плотная атмосфера, состоящая из азота и следов газов (метана и других). Сквозь эту атмосферу трудно что-то увидеть, но изображения, полученные с помощью 10-метрового телескопа Keck[4], подтвердили наличие ярко выраженных темных и светлых пятен на поверхности Титана.

Согласно основной на сегодня теории, темные области на Титане — это озера или океаны жидких углеводородов, таких как этан. Если плыть по такому морю на корабле, то на нем будет действовать категорическое правило "не курить". В противном случае это будет второй "Титаник". В хороший малый телескоп можно увидеть два других спутника — Рею и Диону во время их максимальной элонгации. В астрономических журналах и на Web-сайтах можно найти ежемесячные карты положений этих спутников относительно Сатурна.

Самое новейшее и лучшее изображение Титана, спутника Сатурна, находится на Web-сайте Национальной лаборатории Лоуренса (Lawrence Livermore National Laboratory) в Ливерморе (штат Калифорния) по адресу `www.llnl.gov`. Самые лучшие изображения Сатурна целиком сделаны космическими зондами Voyager-1 и Voyager-2 и телескопом "Хаббл". Изображения Сатурна, сделанные зондами Voyager, вы найдете на Web-сайте "Планетный фотожурнал NASA" по адресу `photojournal.jpl.nasa.gov/`. Чтобы попасть в нужный раздел, щелкните на изображении Сатурна. А изображения, сделанные телескопом "Хаббл", находятся по адресу `oposite.stsci.edu/pubinfo/SolarSystemT.html#Saturn`.

Спутники в движении

По последним данным (на 2003 год), у Юпитера 52 известных спутника, а у Сатурна — 30. Вероятно, у каждой из этих планет есть еще несколько мелких спутников, и астрономы продолжают их искать[5]. Поэтому любое число, указанное в опубликованной книге, может оказаться устаревшим к тому времени, когда вы ее прочтете. Иногда появляются сообщения о новых спутниках, но их пока не засчитывают. Чиновники Международного астрономического союза хотят получить подтверждения и быть уверенными в том, что открыт действительно новый спутник.

Существует две разновидности спутников — регулярные и ирррегулярные. Регулярные спутники обращаются в экваториальной плоскости своей планеты и в том же направлении, в котором планета вращается вокруг своей оси. Такое движение называется *прямым* (prograde). Регулярные спутники почти наверняка сформировались из газо-пылевого облака, окружавшего планету в период ее рождения. Поэтому Юпитер и Сатурн вместе со своими спутниками — это "солнечные системы" в миниатюре, только в центре этих систем находятся не звезды, а большие планеты.

Но некоторые мелкие спутники "рождены свободными", как львица Эльза из известного фильма. Они обращаются вокруг своей планеты в направлении, обратном ее вращению. Такие орбиты называют *обратными* (*ретроградными, попятными*) (*retrograde*). Кроме того, эти орбиты могут быть наклонены относительно экваториальной плоскости планеты. Подобные спутники сформировались где-то в другом месте Солнечной системы (возможно, как астероиды), а затем были захвачены Юпитером или Сатурном.

---

[4] *Установлен на Гавайях на горе Мауна-Кеа.*

[5] *По мнению астрономов, у Юпитера может быть около сотни мелких спутников. Количество спутников Урана — 21, Нептуна — 11.*

В настоящее время к Сатурну и Титану направляется космический зонд Cassini. Следить за его продвижением можно на Web-сайте `http://saturn.jpl.nasa.gov`. В 2002 году NASA представила первые снимки Сатурна, сделанные автоматической межпланетной станцией Cassini. По планам NASA, Cassini достигнет Сатурна в июле 2004 года и выйдет на орбиту вокруг планеты. Кроме изучения Сатурна, аппарат будет проводить исследования Титана. У этого спутника есть атмосфера, и ученые считают, что условия на Титане аналогичны тем, которые существовали на Земле еще до возникновения на ней жизни. Титан будут изучать с помощью зонда Huygens, разработанного Европейским космическим агентством. По расчетам, он должен войти в атмосферу Титана в январе 2005 года.

По словам многих наблюдателей, Сатурн — это самая красивая планета. Его знаменитые кольца легко увидеть практически в любой телескоп и можно обнаружить также огромный спутник Сатурна, Титан. Многие профессиональные астрономы считают, что кольца Сатурна — это небесное зрелище, которое больше всего впечатляет их друзей не-астрономов, но, тем не менее, наблюдать Титан тоже очень интересно.

Глава 9

Далекие планеты Уран, Нептун и Плутон

В этой главе...

- Далекие миры — Уран и Нептун
- Природа Плутона
- Пояс Койпера
- Наблюдение далеких объектов Солнечной системы

Хотя Марс и Венера ближе к Земле, а Юпитер и Сатурн — яркие и эффектные объекты, наблюдение отдаленных планет имеет свое особое очарование и притягательность. В этой главе вы познакомитесь с тремя отдаленными планетами Солнечной системы — Ураном, Нептуном и Плутоном — и их спутниками. Кроме того, я дам вам несколько советов по поводу наблюдения этих далеких миров.

Природа Урана и Нептуна

Приведем самые важные факты об Уране и Нептуне.

- ✓ Это две планеты почти одинакового размера с похожим химическим составом; они меньше и плотнее Юпитера и Сатурна.
- ✓ Каждая из этих планет находится в центре миниатюрной системы спутников и колец.
- ✓ Каждая из этих планет явно пострадала от сильного столкновения с другим космическим телом в очень давние времена.

Атмосферы Урана и Нептуна, как и Юпитера и Сатурна, в основном состоят из водорода и гелия. Но Уран и Нептун астрономы называют *ледяными планетами*, потому что под их атмосферами находятся массивные тела из каменистых пород и различных льдов. На самом деле вода находится настолько глубоко внутри этих планет и под таким высоким давлением, что вся представляет собой горячую жидкость. Но когда миллиарды лет назад эти планеты образовались в результате слияния мелких тел, попавшая в них вода была полностью замерзшей.

Настоящего ученого астронома легко отличить от непрофессионала, потому что ученый называет горячую воду внутри Урана и Нептуна "льдом", в то время как несведущий любитель наивно называет горячую воду "горячей водой". Ученые используют научный жаргон, так же как некоторые млекопитающие используют метки, чтобы заявить свои исключительные права на некую территорию.

Масса Урана примерно в 14,5 раза, а Нептуна — в 17,2 раза больше массы Земли, но эти две планеты имеют практически одинаковый размер. Более легкий Уран немного больше; его экваториальный диаметр составляет 51 118 км. А экваториальный диаметр Нептуна равен 49 532 км.

Сутки на Уране равняются примерно 17 часам 14 минутам, а на Нептуне — 16 часам 7 минутам. Таким образом, эти планеты, как и Юпитер и Сатурн, вращаются гораздо быстрее Земли.

Уран, его кольца и спутники

Доказательством того, что Уран пострадал от сильного столкновения или гравитационного притяжения другого космического объекта, служит тот факт, что он словно опрокинулся на бок. Плоскость экватора Урана даже близко не совпадает с плоскостью его орбиты вокруг Солнца, а находится почти под прямым углом к ней, так что планета вращается, "лежа на боку".

Иногда в сторону Солнца и Земли указывает северный полюс Урана, а иногда — южный. Год Урана (т.е. время, за которое он совершает полный оборот вокруг Солнца) равен почти 84 земным годам. В течение примерно четверти этого периода северный полюс Урана указывает в сторону Солнца; в течение другой четверти в сторону Солнца направлен южный полюс Урана; все остальное время к Солнцу обращен экватор.

На Земле Солнце никогда не стоит высоко в небе над Северным или Южным полюсами, а на Уране оно иногда находится прямо над полюсами.

По последним данным, у Урана 21 известный спутник; у него также есть система темных колец. Спутники и кольца Урана вращаются вокруг него в экваториальной плоскости, так же как Галилеевы спутники вращаются в экваториальной плоскости Юпитера (см. главу 8). Поэтому кольца и орбиты спутников Урана находятся почти под прямыми углами к плоскости его орбиты вокруг Солнца.

Можете представить себе систему Урана (планету и ее спутники) как большую мишень, которая иногда "смотрит" на Землю, а иногда — нет. Давным-давно кто-то поразил эту "мишень" прямо в яблочко, из-за чего несчастная планета отклонилась от первоначального нормального положения.

Нептун и его спутники

Нептун не отклонен от нормального положения; его экватор примерно находится в плоскости его орбиты. По последним данным (на 2003 год), у Нептуна 11 известных спутников. Но у его самого крупного спутника Тритона (который больше Плутона) с диаметром 2710 км ретроградная орбита. Нептун, как и почти все планеты в нашей Солнечной системе (кроме Венеры), вращается вокруг Солнца против часовой стрелки (если смотреть сверху, со стороны северного небесного полюса). И большинство спутников тоже вращаются вокруг своих планет против часовой стрелки. Но Тритон вращается вокруг Нептуна в обратном направлении — по часовой стрелке. Обсудив этот вопрос, ученые пришли к заключению, что давным-давно Тритон подошел к Нептуну слишком близко, был им захвачен и стал его спутником, хотя при других обстоятельствах он вполне мог быть планетой, такой как Плутон.

Тритон состоит из настоящего льда и камня. В этом он больше похож на Плутон, чем на Уран и Нептун. Поверхность Тритона сформировалась под влиянием *криовулканизма* (cryovolcanism), т.е. процессов извержения не горячей расплавленной породы, а холодного льда. Водяной лед, сухой лед, замерзший метан, замерзшая окись углерода и даже замерзший азот — все это есть на Тритоне. Здесь нет многочисленных ударных кратеров, вероятно, потому, что с течением времени они заполнились льдом и грязью.

Специалисты по охране окружающей среды говорят, что национальные парки США, такие как Йеллоустоунский, находятся под угрозой из-за чрезмерного наплыва туристов. Поэтому подумайте лучше о путешествии на Тритон. Его пейзажи не менее причудливы и, возможно, так же прекрасны, как в Йеллоустоунском парке. Но если вы соберетесь на Тритон, обязательно окунитесь в гейзер! Только здесь не горячие, а холодные источники. Гейзеры Тритона извергают длинные струи холодных, грязных испарений, а не горячие потоки пара. Но зато здесь много места для парковки и нет медведей, которые могут посягнуть на ваши припасы для пикника. Просто возьмите с собой скафандр и очень теплые ботинки.

Далекий Плутон

Плутон — это самая маленькая и самая удаленная планета (рис. 9.1). Каждые 248 лет он на несколько десятилетий заходит внутрь орбиты Нептуна; таким образом, в это время он находится ближе к Солнцу, чем Нептун. Последний такой период закончился в начале 1999 года. Никто из ныне живущих на Земле людей не сможет стать свидетелем следующего такого события, если, конечно, медицина в ближайшем будущем не сделает большой шаг вперед.

Плутон делает полный оборот вокруг своей оси за 9 часов 17 минут, а его спутник Харон делает полный оборот вокруг Плутона точно за такое же время. Так что одно к другому повернуты всегда одни и те же полушария Плутона и Харона. В системе "Земля–Луна" к Земле всегда обращено одно и то же полушарие Луны, но не наоборот. Человек, находящийся на ближней к Земле стороне Луны, может увидеть всю Землю, когда в течение суток она будет оборачиваться вокруг своей оси, но человек, находящийся на Хароне, никогда не сможет увидеть больше одного полушария Плутона.

Диаметр Плутона — всего 2300 км; это самая маленькая планета Солнечной системы. Он меньше даже четырех Галилеевых спутников Юпитера, спутника Сатурна Титана и спутника Нептуна Тритона. Плутон только в два раза больше своего спутника Харона, диаметр которого 1250 км, поэтому систему "Плутон–Харон" часто называют двойной планетой.

И Плутон, и Харон — это ледяные каменистые тела. При температуре на поверхности –233 °С неудивительно, что на Плутоне почти все замерзает. Водяной лед, метановый лед, азотный лед, аммиачный лед и даже замерзшая окись углерода — все это есть на поверхности Плутона. На Хароне тоже были обнаружены некоторые из этих веществ, но не все.

Но Плутон вовсе не такой холодный, как может показаться. Астрономы подозревают, что на нем есть "тропические оазисы", где температура постоянно держится примерно на уровне –213 °С.

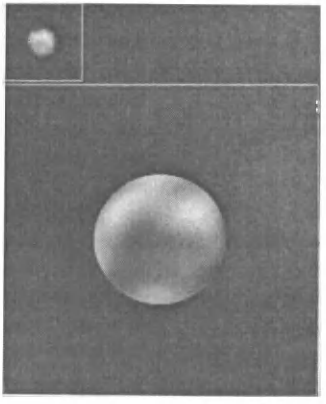


Рис. 9.1. Странная маленькая планета Плутон

Фотография любезно предоставлена NASA

Плутон так далек, что ученые почти не имеют представления о его "географии". В самой отдаленной точке своей вытянутой эллиптической орбиты Плутон находится на расстоянии примерно на 7,4 миллиарда километров от Солнца, а в самой близкой — на расстоянии примерно 4,4 миллиарда километров.

На изображениях, сделанных космическим телескопом "Хаббл" (по адресу `oposite.stsci.edu/pubinfo/SolarSystemT.html#Pluto`), видны темные и светлые зоны, которые, возможно, соответствуют местам старого и свежего льда соответственно. Вот и все сведения! Ни один космический зонд никогда не достигал окрестностей Плутона, и хотя у NASA были планы отправки на него космического аппарата (см. Web-сайт Лаборатории реактивного движения по адресу `www.jpl.nasa.gov/ice_fire//pkexprss.htm`), официального приказа об этом пока не поступало.

Плутон, как и Уран, наклонен на бок, и его ось вращения почти перпендикулярна плоскости его орбиты. Так что Плутон, как и Уран, вероятно, пострадал от сильного столкновения. Как и Уран, Плутон имеет ретроградную орбиту. Некоторые астрономы считают, что Харон — это обломок Плутона, образовавшийся в результате удара по этой планете. Это аналогично теориям о том, что Луна сформировалась от столкновения Земли с неким космическим объектом (см. главу 5).

Плутон — это планета или нет?

Время от времени кто-нибудь пытается унизить Плутон, заявляя, что его вообще не следует считать планетой. Совсем недавно, в 1999 году, была сделана попытка обозвать его астероидом № 10 000. Но астрономы и простые люди сплотились вокруг этого маленького холодного тела и помешали осуществлению коварного плана. Они утверждали, что он круглый, как планета (большинство астероидов, кроме самых больших, — неправильной формы), имеет крупный спутник и считается планетой с момента его открытия американским наблюдателем Клайдом Томбо в 1930 году. Даже если астрономы изменят само определение планеты, Плутон все равно должен ею остаться.

Плутон находится в так называемом поясе Койпера[1] — пространстве, расположенном за орбитой Нептуна и заполненном мелкими ледяными телами. По приблизительным оценкам, между орбитой Нептуна и воображаемой отметкой, находящейся на расстоянии 50 а.е. от Солнца, расположено около 100 тысяч объектов пояса Койпера (Kuiper Belt Objects — KBO) диаметром больше 100 км. Они находятся вне пределов досягаемости любительских телескопов (разве что ваш телескоп установлен на Нептуне или на одном из его спутников). Первый KBO был открыт в 1992 году и с тех пор обнаружили еще около 150 объектов. Астрономы, которые считают, что Плутон следует лишить звания планеты, говорят, что он просто самый крупный KBO. Но он может быть и самым большим KBO, и планетой одновременно.

Что такое плутиносы?

Пояс Койпера еще мало изучен астрономами, и специалисты предполагают, что среди тысяч еще не открытых KBO может быть несколько таких же больших, как Плутон. Они могут быть более тусклыми, чем Плутон, потому что их поверхность темнее и/или они находятся дальше от Солнца. Открытие одного из этих больших объектов может вызвать дискуссию о том, следует ли называть Плутон планетой.

Среди примерно 150 известных KBO есть некоторые, обладающие тремя свойствами Плутона.

- ✓ У них сильно вытянутые эллиптические орбиты.
- ✓ Их орбитальные плоскости наклонены под большим углом к плоскости земной орбиты.
- ✓ Они делают два полных оборота вокруг Солнца примерно за то же время, за которое Нептун делает три оборота (Плутон делает два оборота вокруг Солнца за 496 земных лет, а Нептун делает три оборота за 491 земной год). Этот эффект называется *резонансом* (resonance); благодаря ему Плутон и Нептун никогда не столкнутся и даже не подойдут близко один к другому, хотя их орбиты пересекаются. Поэтому мощное притяжение намного более крупного Нептуна ничем не угрожает Плутону, и то же самое относится к KBO, обладающим тремя перечисленными свойствами Плутона.

KBO, которые обладают этими свойствами, называются плутиносами (или плутончиками), т.е. маленькими Плутонами.

Возможно, за орбитами Нептуна и Плутона есть другие виды объектов, которые астрономы еще не открыли. Но они не могут быть очень массивными, иначе их гравитационное влияние на известные объекты уже бы обнаружили. Крупные планеты, расположенные за орбитами Нептуна и Плутона, — это уже планеты других звезд. О них пойдет речь в главе 15.

---

[1] *Назван в честь астронома Джерарда Койпера (Gerard Kuiper), который в 1951 году выдвинул теорию о существовании на краю Солнечной системы тысяч ледяных астероидов. Правильность этой теории была подтверждена в 1992 году, когда открыли первый астероид пояса Койпера.*

Более подробную информацию о KBO можно найти на Web-сайте Nine Planets (Девять планет) по адресу `seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/kboc.html`.

Проблемы наблюдения далеких планет

Постепенно, приобретая опыт, вы сможете находить большие отдаленные планеты Уран и Нептун, но крохотный Плутон, наверное, окажется вам "не по зубам" (вернее сказать — "не по глазам"). Но в начале наблюдения любой из этих планет лучше прибегать к помощи более опытных астрономов-любителей.

Наблюдение Урана

Уран был открыт с помощью телескопа, но иногда он настолько яркий, что при очень хорошей видимости его можно разглядеть невооруженным глазом. В телескоп можно отличить Уран от звезды по следующим признакам:

- ✓ у него маленький диск диаметром несколько угловых секунд (эту единицу измерения мы определили в главе 6);
- ✓ он медленно движется на фоне тусклых звезд.

Диск Урана имеет бледно-зеленый оттенок; его можно различить при хорошей видимости в мощный окуляр. Чтобы обнаружить движение Урана, нужно отмечать на карте его относительное положение на фоне звезд в поле зрения. Для этой цели используйте окуляр малой мощности, чтобы поле зрения было шире и было видно больше звезд. Сделайте отметку, а затем снова посмотрите на этот район через несколько часов или следующей ночью, и опять отметьте положение Урана на карте.

По последним данным (на 2003 год), у Урана 21 спутник. Некоторые его крупные спутники можно разглядеть в большой любительский телескоп, но изучать их можно только с помощью мощных телескопов обсерваторий. У Урана тоже есть система темных колец, которые можно "увидеть" с помощью телескопа "Хаббл"; их изображения в инфракрасном свете получены с помощью крупных телескопов на Земле.

Изображения этих космических тел, полученные с помощью телескопа "Хаббл", можно найти по адресу `oposite.stsci.edu/pubinfo/SolarSystemT.htm#Uranus`. А просмотреть изображения Урана и его спутников, сделанные космическим зондом Voyager-2, можно на Web-сайте Planetary PhotoJournal (`photojournal.jpl.nasa.gov`). Просто щелкните на изображении Урана.

Как отличить Нептун от звезды

Нептун менее яркий, чем Уран, но по яркости достигает 8-й звездной величины. И если вы уже справились с Ураном, возьмитесь за Нептун!

Нептун имеет почти такой же размер, как Уран, но он намного дальше, поэтому при наблюдении в телескоп его видимый диск меньше. Чтобы отличить Нептун от звезды, понадобится большой любительский телескоп. И если вам удается в телескоп воспринимать бледные оттенки тусклых объектов, то вы заметите бледно-голубой оттенок Нептуна.

Поскольку Нептун дальше от Солнца, чем Уран, он обращается вокруг Солнца медленнее. Медленная скорость, наряду с большим расстоянием от Земли, означает, что скорость углового перемещения по небу — в угловых секундах в день — у Нептуна *обычно* меньше, чем у Урана. Поэтому вам придется подождать пару ночей, чтобы убедиться в том, что Нептун перемещается на фоне звезд.

Я сказал "обычно", потому что и Уран, и Нептун, как и все планеты за орбитой Земли, с точки зрения наблюдателя на Земле, время от времени находятся в обратном (ретроградном) движении, как и Марс (см. главу 6). Поэтому иногда кажется, что эти планеты замедляют свое движение и меняют его направление на противоположное. Так что если вам случится застать Уран во время изменения его направления движения по небу, то будет казаться, что он перемещается медленнее обычного, и, по сравнению с ним, Нептун мчится во весь опор.

В ежегодном выпуске *Observer's Handbook* Королевского астрономического общества Канады (`www.rasc.ca`) всегда публикуются хорошие карты, на которых показано изменение положения Урана и Нептуна в течение года. Сверяйтесь с ними, чтобы узнать, где находятся эти планеты и когда они изменяют свое направление. Подобные карты время от времени появляются в различных астрономических журналах (например, на сайте журнала *Astronomy* по адресу `www.astronomy.com` и *Sky & Telescope* по адресу `www.skypub.com/sights/sights.shtml`).

По последним данным (на 2003 год) у Нептуна 8 известных спутников; самый крупный из них — Тритон. Когда вы научитесь находить Нептун, попробуйте ясной темной ночью поискать Тритон в телескоп с диаметром 15 см и больше. Он движется по большой орбите, удаляясь на 8–17 угловых секунд от Нептуна (что составляет четыре–восемь диаметров Нептуна), поэтому Тритон можно ошибочно принять за звезду. Но отмечая положение Нептуна и тусклых звезд вокруг него на протяжении нескольких последовательных ночей, вы сможете выяснить, какая "звезда" движется вместе с Нептуном на фоне звездного неба и одновременно обращается вокруг Нептуна. Тритону требуется почти 6 дней, чтобы совершить один полный оборот вокруг своей планеты.

Изображения Нептуна и его спутников, сделанные космическим зондом Voyager-2, можно просмотреть на Web-сайте Planetary PhotoJournal по адресу `photojournal.jpl.nasa.gov`. Просто щелкните на изображении Нептуна. А изображения этих космических объектов, сделанные телескопом "Хаббл", находятся по адресу `oposite.stsci.edu/pubinfo/SolarSystemT.html#Neptune`.

Попытки увидеть Плутон

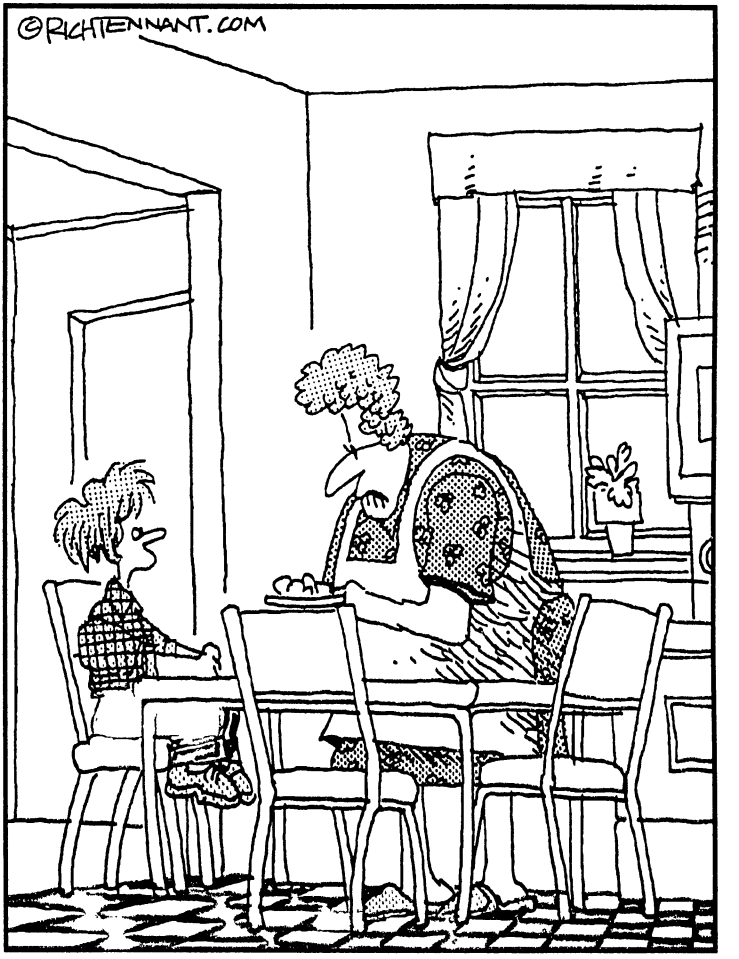
Увидеть Плутон намного труднее, чем любую другую планету в Солнечной системе. Он очень мал и очень далек. Обычно Плутон имеет 14-ю звездную величину. Он движется очень далеко от Солнца и Земли, делая полный оборот вокруг Солнца за 248 лет.

Опытные астрономы-любители говорят, что они наблюдали Плутон в телескоп диаметром 15 см, но я советую вам использовать самый большой телескоп, который удастся найти. Возьмите телескоп диаметром по меньшей мере 20 см. Карты с обозначением положения Плутона публикуются каждый год в выпуске *Observer's Handbook* Королевского астрономического общества Канады (`www.rasc.ca`). Читайте также статьи и советы в журналах *Astronomy* (`www.astronomy.com`) и *Sky & Telescope* (`www.skypub.com`).

Спутник Плутона, Харон, очень близок к нему и делает полный оборот вокруг планеты за 6 дней 9 часов 17 минут. Его можно различить только в самые мощные телескопы обсерваторий.

Часть III

Наше Солнце и другие звезды



"Я рада, что прошлой ночью ты смог увидеть белого карлика и красного гиганта. Я только надеюсь, что ты не смотрел на них пристально".

В этой части...

В этой части мы поговорим о звездах. Нет, не о богатых голливудских звездах, а о Солнце и других звездах Млечного Пути и других галактик. Вы узнаете о том, какие существуют типы звезд и какие жизненные этапы они проходят от рождения до смерти. Подумайте, когда Мадонну и Бреда Питта давно забудут, Альфа Центавра будет по-прежнему сиять в небесах.

В эту часть я включил также главу о черных дырах и квазарах и попробую рассказать о них просто и понятно, чтобы вы обошлись без головной боли, тщетно пытаясь понять, что к чему. Правда, информация об искривлении времени и пространства все равно несколько спутает ваши мысли.

Глава 10

Солнце — звезда Земли

В этой главе...

- Форма, размер Солнца и циклы солнечной активности
- Советы по безопасному наблюдению Солнца
- Затмения и когда их ожидать

Хотя многих людей привлекает в астрономии красота лунной ночи и звездное небо, достаточно солнечного дня, чтобы получить полное впечатление о главном астрономическом объекте нашей Солнечной системы. Солнце — это ближайшая к Земле звезда, и именно оно дает нам энергию, без которой жизнь была бы невозможна.

Солнце — настолько привычное явление в нашей повседневной жизни, что люди принимают его как нечто само собой разумеющееся. Вы думаете, как бы загореть и размышляете о воздействии ультрафиолетовых лучей на кожу, но вряд ли отдаете себе отчет, что Солнце — это главный источник совершенно уникальной информации о природе нашей Вселенной. Тем не менее Солнце — один из самых интересных и благодарных астрономических объектов изучения, независимо от используемого оборудования — любительского телескопа, современной обсерватории или космических аппаратов. Солнце меняется каждый день и каждый час. И его можно показывать детям, не заставляя их бодрствовать по ночам!

Но даже не думайте смотреть на Солнце, — не говоря уже о том, чтобы демонстрировать его детям или кому-либо еще, — без соблюдения необходимой "техники безопасности", о которой я расскажу в этой главе. Вряд ли вы хотите, чтобы наблюдение Солнца стоило вам зрения. Главное в этом деле — безопасность. Если вы это усвоите, то сможете наблюдать Солнце не только ежедневно, но и на протяжении 11-летнего цикла солнечной активности, о котором я расскажу позже.

В этой главе я познакомлю вас с наукой о Солнце, расскажу о его влиянии на Землю и промышленность и о том, как его безопасно наблюдать. Эта глава поможет вам посмотреть на Солнце по-новому — безопасно и с глубоким почтением.

Не повторяйте ошибок Галилея: глядя на Солнце, защищайте зрение

Первое великое открытие итальянского астронома XVII века Галилео Галилея, которое он сделал в телескоп, касалось Солнца. Наблюдая ежедневное движение солнечных пятен по поверхности Солнца, он сделал вывод, что Солнце вращается. Но при этом Галилей допустил также ужасную ошибку — он смотрел сквозь телескоп прямо на Солнце. И эта ошибка серьезно повредила ему зрение.

Телескоп или бинокль собирают больше света, чем человеческий глаз, и фокусируют его в маленькой точке сетчатки. Если вы наблюдаете тусклую звезду или планету, то проблем не возникает. Но это надежный способ повредить зрение или даже ослепнуть, если использовать упомянутые инструменты для наблюдения Солнца.

Вы видели когда-нибудь увеличительное стекло, с помощью которого собирают в пучок солнечные лучи на листке бумаги, чтобы зажечь его? Надеюсь, теперь вы уловили мою мысль.

Даже мельком бросать взгляд на Солнце в телескоп, бинокль или любой другой оптический инструмент очень опасно, если ваше устройство не оснащено солнечным фильтром, изготовленным известной фирмой-производителем специально для наблюдения Солнца.

О фильтрах и других методах безопасного наблюдения Солнца мы поговорим позже в этой главе. Но сначала я хочу рассказать вам о самом Солнце и о природе захватывающих зрелищ, которые вы можете наблюдать.

Солнечный пейзаж

Солнце — это звезда, горячий газовый шар, светящийся благодаря собственной энергии *ядерного синтеза*, т.е. процесса слияния легких атомных ядер в более тяжелые ядра[1]. Эта энергия питает не только само Солнце, но и все планеты и другие космические тела, вращающиеся вокруг Солнца, — т.е. всю Солнечную систему, частью которой является Земля (рис. 10.1).

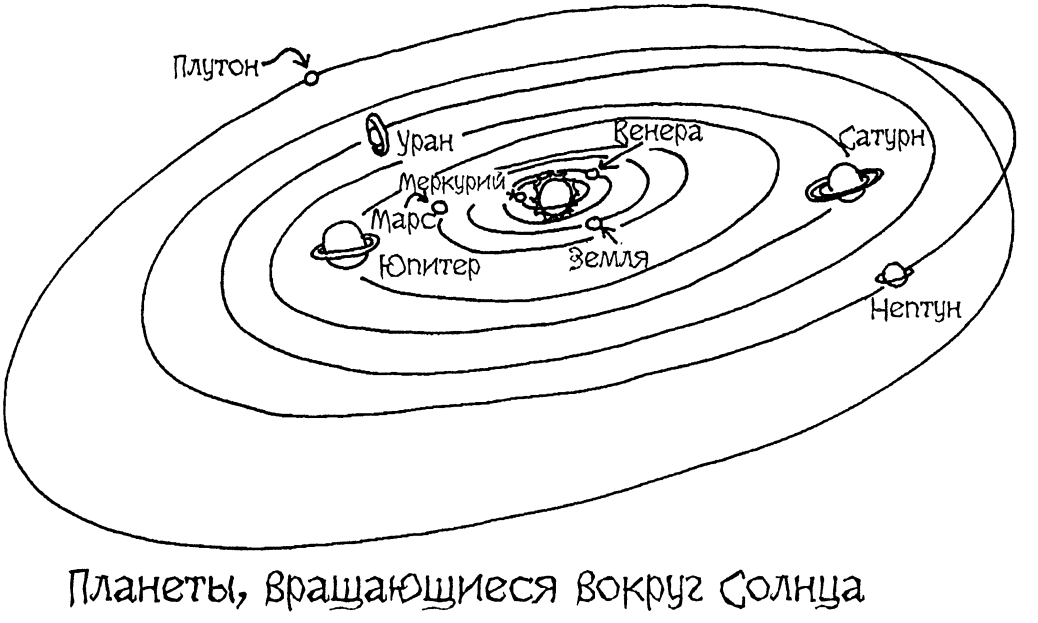


Рис. 10.1. Планеты Солнечной системы

Солнце производит энергию с огромной скоростью, что эквивалентно взрыву 92 миллиардов мегатонных ядерных бомб каждую секунду. Но эта энергия производится за счет использования топлива. Если бы Солнце состояло из угля, то оно полностью растратило

[1] *Ядерный синтез происходит при сверхвысокой температуре и сопровождается выделением огромной энергии. Это реакция, обратная делению атомов, при которой, наоборот, энергия выделяется за счет расщепления тяжелых ядер на более легкие.*

бы свою энергию всего за 4600 лет. Но окаменелости, которые найдены на Земле, свидетельствуют о том, что Солнце светит уже больше 3 миллиардов лет, и астрономы уверены, что оно будет светить еще столько же и даже больше. По некоторым оценкам, возраст Солнца превышает 4,6 миллиарда лет, и оно все еще светит очень хорошо.

Только ядерный синтез может обеспечить выделение Солнцем такой огромной энергии, благодаря которой оно *светится* уже миллиарды лет и продолжает светиться. В центре Солнца огромное давление и температура около 16 миллионов градусов Цельсия (°С) заставляют атомы водорода превращаться в гелий (т.е. происходят реакции термоядерного превращения водорода в гелий), в результате чего высвобождается огромная энергия. В центре Солнца около 700 миллионов тонн водорода каждую секунду превращаются в гелий, а 5 миллионов тонн — в чистую энергию.

Научись мы таким способом производить энергию на Земле, все наши проблемы с топливом, включая загрязнение воздуха и потребление невозобновляемых ресурсов, были бы решены. Но, несмотря на десятилетия исследований, ученые до сих пор не могут воспроизвести то, что на Солнце происходит естественным путем. Поэтому очевидно, что Солнце заслуживает дальнейшего изучения.

Размер и форма Солнца: что заставляет все эти горячие газы держаться вместе?

Когда я преподавал астрономию, всегда задавал студентам вопрос: "Почему у Солнца именно такой размер?" Я видел открытые от удивления рты, глаза, шарящие по потолку в поисках ответа, но едва ли хоть кто-нибудь когда-нибудь давал внятное объяснение. Мой вопрос даже не казался логичным. Ведь все имеет размер, не так ли? И что из того?

Но если Солнце на 100% состоит из горячего газа, что заставляет этот газ удерживаться в одном месте? Почему он не развеивается, как дым от сигареты? А ответ очень прост: гравитация удерживает Солнце от того, чтобы "развеяться по ветру". Гравитация — это сила, о которой я говорил в главе 1; сила, влияющая на все во Вселенной. Масса Солнца настолько велика — в 330 тысяч раз больше массы Земли, — что его мощное тяготение в состоянии удержать весь горячий газ в одном месте.

Вы можете спросить: если солнечная гравитация притягивает все газы, то почему она не сожмет их в шар намного меньшего размера? Ответ таков: все дело в высоком давлении. Чем горячее газ и чем больше он сжат гравитацией или любой другой силой, тем выше давление. И это давление газа "раздувает" Солнце (точно так же как оно заставляет надуваться автомобильные шины, поскольку воздух — это тоже газ).

Таким образом, гравитация сжимает, а давление раздувает. И на определенном уровне (соответствующем шару с некоторым диаметром) эти две силы уравновешиваются. Поэтому Солнце имеет определенный размер; его диаметр равен 1 391 000 км, т.е. он примерно в 109 раз больше диаметра Земли. Внутри Солнца можно поместить 1 300 000 планет Земля (не знаю только, где их столько взять).

Круглая форма Солнца во многом обусловлена той же причиной: гравитация притягивает вещество к центру одинаково во всех направлениях, а давление точно так же одинаково отталкивает вещество во всех направлениях от центра. Если бы Солнце быстро вращалось, оно было бы более выпуклым на экваторе и немного сплющенным на полюсах из-за центробежной силы. Но Солнце вращается очень медленно, делая полный оборот за примерно 25 дней на экваторе и за 35 дней на полюсах, так что выпуклости на его "талии" совсем малы.

Ядро и корона Солнца

Внутри Солнца есть две основные зоны, а снаружи — три (рис. 10.2). Внутренняя часть Солнца называется *звездными недрами* (stellar interior), а его центр называется *ядром*. Внутри ядра происходят процессы ядерного синтеза, в результате чего генерируется вся солнечная энергия. Эта энергия выделяется в виде гамма-излучения. Гамма-лучи движутся в разные стороны, но чаще всего вверх и наружу. Чем дальше от ядра, тем ниже становится температура.

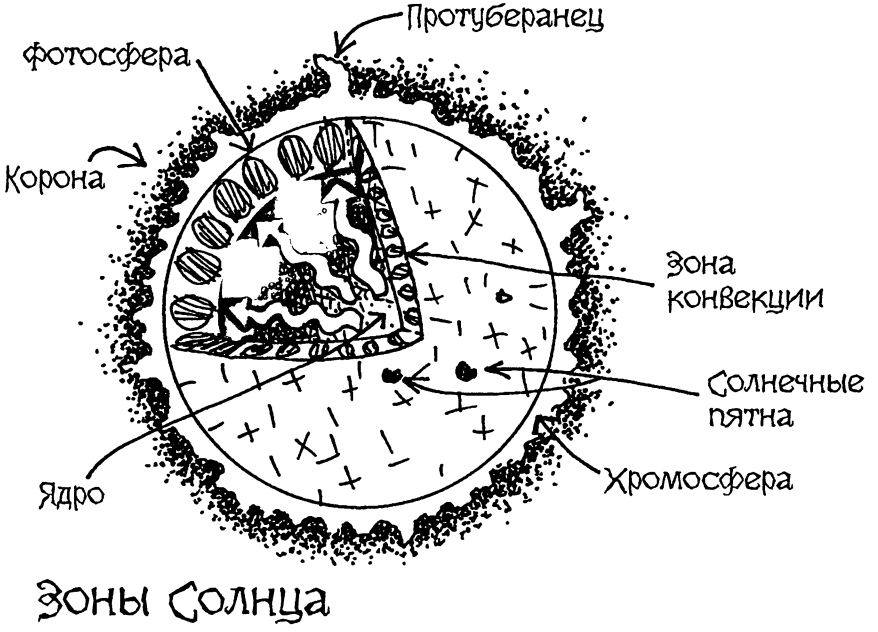


Рис. 10.2. Солнце – это источник энергии для Солнечной системы

На расстоянии примерно 494 000 км (примерно 71% расстояния от центра до поверхности) ядро переходит в следующую основную зону, которая называется *зоной конвекции*. Здесь мощные потоки газа переносят генерируемую в ядре энергию наружу. Горячие потоки газа поднимаются вверх, перенося с собой тепловую энергию; затем, по мере набора высоты, они охлаждаются и снова опускаются вниз. Точно так же происходит процесс переноса тепла со дна чайника с кипящей водой на поверхность и образования облаков в атмосфере Земли. Ученые, изучающие Солнце, считают, что его магнитное поле, причина появления солнечных пятен и взрывов различного рода в верхних слоях солнечной атмосферы, генерируется внизу зоны конвекции.

Внутри солнечного ядра тоже есть отдельные зоны. Внутренняя часть генерирующего энергию ядра простирается на 173 000 км от центра. А остальная, внешняя часть ядра называется *излучающей зоной*.

Температура внизу конвекционной зоны — 2,2 миллиона градусов Цельсия. Над этой зоной находится видимая поверхность Солнца, которая называется *фотосферой* (т.е. "сфера света"). Это слой газа с температурой примерно 5500 °C, который создает весь видимый свет Солнца. Темные пятна на фотосфере называются *солнечными пятнами*; это детали Солнца, которые увидеть легче всего.

Глядя на яркий диск Солнца — разумеется, строго соблюдая технику безопасности (об этом я расскажу в этой главе), вы на самом деле видите часть фотосферы.

Следующие, верхние зоны над фотосферой Солнца горячее, а не холоднее, чем нижние. Это одна из самых больших тайн Солнца, над которой астрономы бьются уже на протяжении многих десятилетий. *Хромосфера*, или *цветовая сфера*, находится прямо над фотосферой. Ее толщина — примерно 1000 км, а температура достигает 10 000 °С.

Хромосферу можно увидеть на краешке Солнца, если использовать дорогой Н-альфа фильтр (о нем я более подробно расскажу в этой главе во врезке "Если цена не имеет значения, то можно увидеть больше") или посмотреть изображения, сделанные с помощью профессионального телескопа и отображенные на Web-сайтах NASA и NOAA (см. раздел "Изображения Солнца в Web"), а также на различных Web-сайтах профессиональных обсерваторий. Хромосферу можно также увидеть во время полного затмения Солнца (об этом тоже речь пойдет в этой главе). Во время затмения хромосфера может выглядеть в виде тонкой красной полоски по контуру Луны, которая закроет собой свет фотосферы.

Над хромосферой находится *корона*, состоящая из газа настолько разреженного и электризованного, что ее форму определяет магнитное поле Солнца. Там, где линии магнитного поля вытягиваются и выходят в космическое пространство, слой газа короны очень тонок и едва виден. Он легко высвобождается и превращается в солнечный ветер. А там, где линии магнитного поля достигают короны, а затем опускаются на поверхность, они удерживают газ короны. Здесь его слой толще и ярче. Температура короны достигает миллиона градусов Цельсия, а в некоторых местах даже превышает этот уровень.

Между хромосферой и короной, которая в сотни раз горячее, находится очень тонкий граничный слой, который называется *областью перехода*. Но увидеть этот слой чрезвычайно трудно.

Солнечный ветер

Солнечный ветер — это поток ионизованной водородной плазмы, т.е. газа, состоящего из электронов и протонов примерно одинаковой плотности, который движется от Солнца со сверхзвуковой скоростью; на орбите Земли его скорость составляет примерно 470 км/с.

Солнечный ветер — это поток заряженных частиц, которые постоянно возмущают и пополняют магнитосферу Земли. (*Магнитосфера* — это огромный окружающий Землю слой, в котором электроны, протоны и другие заряженные частицы перемещаются от высоких северных широт к высоким южным, захваченные магнитным полем Земли.) Как уже говорилось в главе 5, магнитосферу сначала называли поясами Ван-Аллена, в честь Джеймса Ван-Аллена из Университета Айовы, открывшего этот слой с помощью первого американского искусственного спутника Explorer-1.

Магнитосфера Земли испытывает постоянные возмущения из-за изменчивой природы солнечного ветра и солнечных бурь, которые деформируют ее после вспышек на Солнце. Магнитосфера сжимается и снова расширяется; ее изменения вызывают геомагнитные бури, которые, в свою очередь, возмущают окружающую среду на Земле.

Солнечная активность и солнечные циклы

На Солнце время от времени случаются разнообразные возмущения, включая те, которые происходят вблизи групп солнечных вспышек (о них мы поговорим еще в этой главе). Некоторые виды *солнечной активности* оказывают влияние на Землю.

Солнечные вспышки в большинстве случаев нельзя увидеть в любительский телескоп, но зато они отлично видны в телескопы, установленные на спутниках. Эти вспышки выбрасывают сгустки солнечной плазмы весом в миллиарды тонн в Солнечную систему, где некоторые из них сталкиваются с защитным "магнитным зонтиком" Земли — ее магнитосферой. В результате этого взаимодействия на Земле возникают северные и южные полярные сияния, а также геомагнитные бури. Эти бури могут привести к неприятным последствиям: сбоям в работе электросетей (и отсутствию электрического освещения), сбоям в электронных системах на газо- и нефтепроводах, помехам радиосвязи, а также нарушению нормального функционирования искусственных спутников.

Солнечные возмущения и их воздействие на магнитосферу называют *космической погодой*. Последние официальные отчеты о космической погоде, а также прогнозы можно посмотреть на Web-сайте Space Environment Center, подразделения National Oceanographic and Atmospheric Administration (Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы) по адресу `www.sec.noaa.gov/today.html`.

Все виды солнечной активности, включая 11-летний цикл и некоторые более продолжительные циклы, похоже, имеют магнитную природу. Глубоко внутри Солнца естественная динамо-машина постоянно генерирует новые магнитные поля. Эти магнитные поля поднимаются к поверхности Солнца и в более высокие слои солнечной атмосферы, где в них происходят завихрения, вызывающие различного рода возмущения.

Астрономы с помощью *магнитографов* измеряют магнитные поля на Солнце по их влиянию на солнечную радиацию. На многих Web-сайтах профессиональных обсерваторий можно увидеть изображения, сделанные с помощью этих устройств (см. раздел "Изображения Солнца в Web"). Наблюдения этих магнитных полей показали, что солнечные пятна — это области усиленного искаженного магнитного поля, что группы солнечных вспышек имеют магнитные полюса — северный и южный. Но, с другой стороны, общее магнитное поле Солнца довольно слабое.

Похоже, что многие быстро меняющиеся детали на Солнце и, вероятно, все взрывы и извержения связаны с солнечным магнетизмом. Когда есть меняющиеся магнитные поля и электрические токи и когда два магнитных поля наталкиваются одно на другое, происходит короткое замыкание, — которое называется *перезамыканием магнитных полей*, когда внезапно высвобождается огромное количество энергии.

Выбросы корональных масс: причина солнечных вспышек

Сейчас я скажу то, что противоречит написанному в большинстве учебников, за исключением некоторых, опубликованных сравнительно недавно. В течение десятилетий астрономы считали, что наблюдаемые взрывы на Солнце — это, в основном, *солнечные вспышки*. Мы думали, что солнечные вспышки происходят в хромосфере и что именно они — причина взрывов на Солнце.

Солнечные вспышки можно увидеть на многих изображениях профессиональных астрономических Web-сайтов. И по мере того, как в течение 11-летнего цикла солнечной активности (или цикла пятнообразования) количество солнечных пятен увеличивается, увеличивается также количество вспышек.

Но теперь астрономы знают, что они были подобны слепому, который ощупывал хвост слона и думал, что это и есть весь слон. Наблюдения Солнца из космоса показали, что основная причина солнечных вспышек — это *выбросы корональных масс* (coronal mass ejections), т.е. гигантские извержения, происходящие высоко в короне, самой тонкой и самой удаленной от центра зоне Солнца. Очень часто выброс корональных масс вызывает солнечную вспышку в нижнем слое короны и в хромосфере.

В течение многих лет ученые не знали о выбросах корональных масс, потому что никто не мог их увидеть. Астрономы получали возможность наблюдать корону только иногда в течение

короткого промежутка времени — во время полного солнечного затмения. И видели они только солнечные вспышки, поэтому и приписали им больше значения, чем они того заслуживали.

Некоторые протуберанцы, которые можно увидеть на краешке солнечного диска с помощью H-альфа фильтра, время от времени извергаются. Эти извергаемые протуберанцы могут быть одним из этапов процесса выброса корональных масс.

Когда на изображениях, сделанных с искусственного спутника, на восточной или западной стороне Солнца виден выброс корональных масс, который не ослабевает, а формирует вокруг Солнца гигантское расширяющееся кольцо, или *гало*, дело плохо. Появление гало означает, что выброс корональных масс направляется прямо к Земле.

Если на одном из изображений, сделанных с искусственного спутника, вы видите гало, обязательно проверьте сообщения на Web-сайте NOAA Space Environment Center (`www.sec.noaa.gov/today.html`); возможно, там будут прогнозы NOAA об очень неблагоприятной космической погоде.

Циклы внутри циклов: может ли Солнце менять свои пятна?

Солнечные пятна — это области на Солнце, выглядящие как темные пятна на его фотосфере (рис. 10.3), где магнитное поле очень сильное. Солнечные пятна холоднее окружающей атмосферы и часто появляются группами.

Рис. 10.3. Солнечные пятна

Фотография любезно предоставлена Джерри Лодригессом

На протяжении 11-летнего цикла, этого знаменитого *цикла солнечной активности*, количество солнечных пятен на Солнце существенно меняется. Когда у американцев еще не было такой темы для обсуждения, как Ричард Никсон или Эль-Ниньо, они обвиняли солнечные пятна абсолютно во всем, начиная от плохой погоды и заканчивая падением цен на акции на фондовой бирже. Обычно между последовательными пиками (когда появляется наибольшее количество пятен) проходит 11 лет, но этот период времени может меняться. Более того, количество пятен, появляющихся на каждом пике, может меняться в широких пределах от одного цикла к другому. И никто не знает — почему.

Когда группа солнечных пятен перемещается по солнечному диску из-за вращения Солнца, самое большое пятно с той стороны, *в которую* происходит движение (т.е. пятно, которое движется по диску впереди, "ведя" за собой остальные), называется *ведущим пятном* (leading spot). А самое большое пятно с противоположной стороны называется *ведомым пятном* (following spot).

Наблюдения с помощью магнитографа показали, что в большинстве групп солнечных пятен существуют определенные схемы и закономерности. В течение 11-летнего цикла солнечной активности все ведущие пятна в северном полушарии Солнца имеют северную магнитную полярность, а ведомые пятна — южную магнитную полярность. В то же время в южном полушарии Солнца ведущие пятна имеют южную полярность, а ведомые пятна — северную.

Вот как определяется эта полярность: компас, стрелка которого на Земле указывает на север, называется ориентированным на север. Такой компас на Солнце будет указывать на северную магнитную полярность. А южная магнитная полярность на Солнце — это направление, противоположное тому, на которое будет указывать компас, ориентированный на север.

Вам все это кажется простым и естественным? Тогда вот что я вам скажу. Когда начинается новый 11-летний цикл, эти полярности меняются местами. Теперь в северном полушарии ведущие пятна имеют южную полярность, а ведомые — северную. И в южном полушарии магнитные полярности тоже меняются местами. Если бы вы были компасом, то не смогли бы понять, что происходит.

Чтобы как-то систематизировать эту информацию, астрономы определили *магнитный цикл* Солнца. Он длится примерно 22 года и состоит из двух циклов солнечной активности. Каждые 22 года вся схема изменения магнитных полей на Солнце повторяется снова — приблизительно.

Солнечная постоянная или не постоянная?

Общее количество энергии, генерируемой Солнцем, называется *солнечной светимостью* (solar luminosity). Но нас, землян, больше интересует количество солнечной энергии, которое получает Земля. Оно называется *солнечной постоянной* (solar constant) и определяется как суммарное количество энергии солнечных лучей, попадающей за 1 секунду на 1 $см^2$ площадки, перпендикулярной направлению лучей и расположенной вне земной атмосферы на расстоянии 1 а.е. от Солнца. Солнечная постоянная приблизительно равна 1386 $Вт/м^2$.

Измерения, сделанные с помощью спутников, запущенных NASA в 1980-х годах, выявили очень небольшие изменения солнечной постоянной по мере вращения Солнца. Вы, наверное, думаете, что, когда на солнечном диске есть темные пятна, Земля получает меньше энергии, чем когда этих пятен нет. Но все обстоит как раз наоборот. Чем больше солнечных пятен, тем больше энергии Земля получает от Солнца. И это еще одна загадка, которую предстоит решить астрономам.

Согласно астрофизической теории, когда Солнце было очень молодым, оно было немного ярче, чем последние несколько миллиардов лет, и через много лет, когда оно станет красным гигантом, то будет отдавать Земле больше энергии.

Поэтому, говоря "солнечная постоянная", мы принимаем желаемое за действительное. Хотя, конечно, ведя отсчет в масштабе дней, а не тысячелетий, да еще используя любительское оборудование, мы получим значение солнечной постоянной с достаточной точностью.

Тайна солнечных нейтрино. Куда они деваются?

Ядерный синтез в самом сердце Солнца — это больше, чем превращение водорода в гелий и выделение энергии в виде гамма-лучей для нагрева всего Солнца. При этом высвобождается также огромное количество нейтрино, нейтральных субатомных частиц, которые не

имеют (или почти не имеют) массы, перемещаются со скоростью света (или близкой к ней, в зависимости от того, есть ли у них масса) и могут проходить почти сквозь все.

Нейтрино — как горячий нож в масле, очень легко разрезающий его.

На самом деле, нейтрино могут беспрепятственно вылетать прямо из центра Солнца и выходить в космическое пространство. Причем те, которые направляются к Земле, пролетают ее насквозь и выходят с противоположной стороны. Некоторые из таких солнечных нейтрино подсчитывают в огромных подземных лабораториях, которые называются нейтринными обсерваториями и расположены, в основном, в глубоких шахтах и туннелях под горами. Но одна новая лаборатория под названием AMANDA построена под полутора километрами льда на Южном полюсе.

Подсчитывать нейтрино непросто, но отчеты нейтринных обсерваторий говорят о нехватке солнечных нейтрино. Дело в том, что количество нейтрино, проходящих сквозь Землю, гораздо меньше того количества, которое должно быть, если исходить из интенсивности генерации Солнцем энергии.

Правда, нехватка солнечных нейтрино — это наименьшая из наших земных проблем. Она отходит на задний план на фоне таких проблем, как недостаток продовольствия в Африке, уничтожение лесов, исчезновение ценных биологических видов и потребление невозобновляемых топливных ресурсов.

Однако проблема солнечных нейтрино тревожит ученых, побуждая их создавать новые теории физики элементарных частиц и проверять теоретические модели процессов, происходящих в солнечных недрах. Недостаток нейтрино может сказать ученым нечто такое, что совершит переворот в физике или астрономии.

Что ж, подождем и посмотрим, как дальше будет развиваться дело о пропавших нейтрино. Но несомненно одно: астрономы будут продолжать изучать Солнце до тех пор, пока не решат его загадки, в том числе о недостатке нейтрино.

Продолжительность жизни Солнца

Рано или поздно Солнце должно исчерпать свое топливо, поэтому настанет день, когда оно умрет. Что поделать, всему хорошему рано или поздно приходит конец.

Представляется, что без солнечной энергии и тепла жизнь на Земле станет невозможной: все на нашей планете замерзло бы. Но на самом деле произойдет следующее: Солнце увеличится в размерах и станет красным гигантом. Оно будет таким огромным, что просто высушит океаны — вода в них испарится до того, как у нее появится возможность замерзнуть.

Внимательно прочитайте предыдущий абзац: я не сказал, что океаны замерзнут; я сказал, что они замерзли *бы* без солнечной энергии и тепла. Но на самом деле перед "смертью" Солнца получаемая Землей энергия возрастет настолько, что мы умрем от жары (если к тому времени человечество еще будет существовать), а не от холода. Это к вопросу о глобальном потеплении!

Будущий красный гигант-Солнце раздуется и превратится в красивую расширяющуюся туманность. Оно станет сияющим газовым облаком, которое астрономы называют планетарной туманностью. Но увы, восхищаться им будет некому. Поэтому, чтобы понять, что мы потеряем, посмотрите на изображения некоторых планетарных туманностей, которые сформировались из других звезд; я расскажу о них в главах 11 и 12.

Эта туманность постепенно рассеется, и в ее центре от Солнца останется только крохотный "уголек" — маленький горячий объект, который называют белым карликом (это один из типов звезд). Эта звезда будет ненамного больше Земли. Она будет хотя и горячей, но настолько маленькой, что сможет отдавать Земле очень мало энергии. Поэтому все, что к тому моменту останется на Земле, замерзнет. И этот белый карлик будет похож на тлеющий уголек в угасающем костре. Он будет медленно-медленно гаснуть.

К счастью, у нас есть еще примерно 5 миллиардов лет до того, как это случится. Оставим эту проблему будущим поколениям, наряду с государственным долгом и вопросом о том, как приобрести редкое первое издание *Астрономии для "чайников"*.

Техника безопасности при наблюдении Солнца

Галилей был не дурак. И после того как он на своем горьком опыте понял, что нельзя в телескоп смотреть прямо на Солнце, он изобрел *метод проекции*, когда простой телескоп используется для перевода изображения Солнца на экран — так, как это делается с помощью проектора слайдов. Но этот метод безопасен, только если правильно использовать его для простых телескопов, таких как *рефлектор Ньютона* или *рефрактор*.

Как я объяснял в главе 3, в рефлекторе Ньютона, помимо окуляра, используются только зеркала. И вы смотрите через окуляр под прямым углом к трубе телескопа. В рефракторе используются линзы, и зеркал в нем нет.

Не используйте метод проекции с телескопами, в которых, помимо окуляра, есть и линзы, и зеркала. Другими словами, не используйте проекционный метод с телескопами моделей Шмидт–Кассегрен и Максутов–Кассегрен, включая очень популярный телескоп Meade ETX-90/EC, в котором есть и линзы, и зеркала (обо всех этих телескопах говорилось в главе 3). Сфокусированные солнечные лучи могут повредить аппаратуру внутри герметичной трубы телескопа, что в дальнейшем станет источником опасности.

Наблюдение Солнца методом проекции

Вот метод безопасного наблюдения Солнца с помощью проекции.

1. **Установите телескоп-рефлектор Ньютона или рефрактор на треножник.**
2. **Установите на телескопе маломощный окуляр.**
3. **Направьте телескоп примерно на Солнце, не глядя в телескоп; держитесь сами и удерживайте других подальше от окуляра и не находитесь на одной линии с ним.**
4. **Найдите на земле тень от трубы телескопа.**
5. **Перемещайте телескоп вверх–вниз и вперед–назад, при этом наблюдая за тенью, чтобы получить тень как можно меньшего размера.**

   Лучший способ сделать это — держать под телескопом кусок картона перпендикулярно трубе телескопа, чтобы тень от трубы падала на картон. Передвиньте телескоп, чтобы форма тени от трубы как можно больше походила на однородный темный круг.
6. **Держите картон у окуляра так, чтобы изображение Солнца появилось на картоне.**

   Если изображения Солнца нет на картоне, то сбоку от картона появится яркое солнечное пятно. В этом случае перемещайте телескоп, пока изображение Солнца не появится на картоне.

Схема использования этого метода показана на рис. 10.4. Самый простой и безопасный способ освоить данный метод — проконсультироваться с опытным наблюдателем из местного астрономического клуба.

Но у проекционного метода есть и другие опасности, которым вы подвергаетесь, даже если не смотрите прямо в телескоп. Однажды я видел одного упрямого парня из бруклинской школы, который проецировал изображение Солнца с помощью телескопа с диаметром 17,5 см. Он не приближал свое лицо к окуляру, но в какой-то момент его рука попала под проецируемый луч света очень близко от окуляра, где солнечное изображение маленькое. Понятно, что луч прожег маленькое отверстие на рукаве его черного кожаного пиджака.

Рис. 10.4. Проекция изображения Солнца

Чтобы избежать травм, не смотрите на Солнце сквозь окуляр и не допускайте, чтобы какая-либо часть вашего тела, тела другого человека или любые вещи попадали под проецируемый луч солнечного света.

При использовании телескопа в качестве проектора солнечного изображения нужно быть очень осторожным и ни в коем случае не допускать, чтобы ребенок без присмотра или другой человек, не обученный данному методу, самостоятельно управлял телескопом. Не смотрите на Солнце в телескоп, в малый вспомогательный телескоп или в видоискатель, которым оснащен ваш телескоп. Следите за тем, чтобы никакая часть вашего тела, тела другого человека или любые вещи не попадали под проецируемый луч солнечного света. На пути луча должен быть только ваш картонный экран.

Теперь можете попробовать поискать пятна на *солнечном диске* (это научный термин, обозначающий видимую поверхность Солнца, обращенную к Земле). Если вы обнаружите какие-либо пятна, продолжайте наблюдать несколько дней подряд (2-3 дня), и вы увидите, что

они как будто перемещаются по солнечному диску. Хотя они немного перемещаются сами по себе, на самом деле их движение обусловлено в основном *вращением Солнца*. Таким образом, вы повторили открытие Галилея, причем сделали это абсолютно безопасно.

Если вы не хотите использовать проекционный метод или у вас просто более современный телескоп (имеющий и линзы, и зеркала), который нельзя использовать для данного метода, то для безопасного наблюдения Солнца вам необходим специальный солнечный фильтр. Конечно, это потребует денежных затрат, но поверьте: дело стоящее.

Если цена не имеет значения, то можно увидеть больше

Специальные солнечные фильтры, которые называются *H-альфа фильтрами*, позволяют увидеть намного больше деталей Солнца. Особенно хорошо использовать их для наблюдения *солнечных протуберанцев*, которые выглядят как огненные дуги на краешке, или лимбе, солнечного диска. К сожалению, эти фильтры очень дорого стоят (больше 1000 долларов).

Но если такая цена вас не пугает, сначала попрактикуйтесь в обычном наблюдении Солнца (без фильтров), а затем уже попробуйте H-альфа фильтры. Их продают две фирмы-производителя: *Thousand Oaks Optical* (`www.thousandoaksoptical.com`) и *Coronado Instrument Group* в Пирсе, штат Аризона (`www.coronadofilters.com`).

Возможно, для присоединения одного из этих H-альфа фильтров к телескопу вам понадобится переходник. Дело в том, что эти фильтры не всегда легко соединять со всеми моделями телескопов.

Как наблюдать Солнце через внешний фильтр

Единственные солнечные фильтры, которые я рекомендую, — это внешние по отношению к телескопу, т.е. свет не может проникнуть в телескоп, не пройдя через фильтр.

Фильтры, которые расположены на окуляре, около или вместо него, во многих случаях могут повредиться сильным нагревом от сфокусированных лучей, и, в свою очередь, будут представлять большую опасность для вашего зрения. Поэтому используйте только фильтры, расположенные на входе лучей в телескоп.

Ниже перечислены фильтры, входные по отношению к телескопу, которые я рекомендую использовать при наблюдении Солнца.

- ✓ **Полноапертурные фильтры**. Подходят для телескопов с апертурой 10 см или меньше (напоминаю, *апертура* — это диаметр светособирающего зеркала или линзы телескопа), таких как Meade ETX-90/EC. Этот фильтр полностью покрывает зеркало (линзу) телескопа, так что вся поверхность зеркала (линзы) получает фильтрованный солнечный свет.
- ✓ **Внеосевые фильтры**. Это самые лучшие фильтры для телескопов с апертурой 10 см или больше, которые не относятся к рефракторам. Внеосевой фильтр меньше апертуры телескопа, но он устанавливается на пластине, которая покрывает всю апертуру. Солнце очень яркое и потому нет необходимости, чтобы свет собирала вся апертура телескопа. Вы и так хорошо его увидите. Это правда, что большая апертура позволяет получить более четкое изображение. Но в большинстве мест наблюдения состояние земной атмосферы не позволит получить такое резкое солнечное изображение, какое дает полная апертура телескопа размером 10 см или больше. Чем меньше ненужного света попадет в ваш телескоп, тем в большей безопасности будете и вы, и телескоп.

Затемнение

Когда вы преграждаете (полностью или отчасти) солнечным лучам путь в телескоп (например, используя фильтр, который позволяет свету проходить только через часть апертуры), это называется *затемнением телескопа*. Если вы скажете кому-нибудь в астрономическом клубе, что наблюдали Солнце "в затемненный телескоп", они подумают, что вы — настоящий профи! Знаете, кто придумал затемнить телескоп? Конечно, Галилей! Так что вы можете повторить его путь, наблюдая солнечные пятна в затемненный телескоп.

Для большинства телескопов не-рефракторов вам понадобится внеосевой солнечный фильтр, потому что в не-рефракторах обычно есть малые зеркала или механические устройства, которые находятся в центре внутри трубы телескопа и преграждают путь части лучей, попадающих в центр трубы телескопа.

В особом случае — если у вас рефрактор с апертурой 10 см или больше, т.е. довольно дорогой телескоп, — используемый фильтр должен надеваться на верхушку телескопа, быть меньше апертуры телескопа, но присоединяться в центре на пластине, закрывающей телескоп. Фильтр необходимо присоединять в центре, потому что, вообще говоря, качество оптики в центральной части главной линзы или линзы объектива телескопа (большой линзы) обычно лучше, чем по контуру линзы.

Солнечные фильтры можно найти в разных местах. Я расскажу о двух фирмах, имеющих репутацию производителей высококачественной продукции.

- ✓ Фирма *Roger W. Tuthill, Inc.* из Маунтинсайда, штат Нью-Джерси, продает фирменные фильтры Solar Skreen Sun Filters для телескопов, биноклей, фотоаппаратов и портативных видеокамер различных типов, включая фильтры, изготовленные специально для многих популярных моделей телескопов линий Celestron и Meade. Эти фильтры состоят из двух особых пластин Mylar, покрытых алюминием.

  Фильтры для особых телескопов и другого оборудования встроены в опору, установленную на телескопе или объективе. Но фирма *Tuthill* также продает отдельные фильтры Solar Skreen. В моем недавнем круизе, целью которого было наблюдение полного солнечного затмения, я прикрепил эти фильтры к каждой из больших линз бинокля с помощью резинок, чтобы они прочно держались. И, сидя на палубе в шезлонге, я наслаждался зрелищем затмения, потягивая коктейль.

  Но только используйте Solar Skreen или любые другие солнечные фильтры в соответствии с инструкциями фирмы-производителя. Их можно найти на Web-сайте фирмы *Tuthill* по адресу `www.tuthillscopes.com`.

- ✓ Фирма *Thousand Oaks Optical* из Саузенд-Оакс, штат Калифорния, производит полноапертурные и внеосевые стеклянные солнечные фильтры под названием Type 2 Plus. Эти фильтры хорошо подходят для наблюдения в телескоп.

  Фильтры фирмы *Thousand Oaks Optical* используются для фотографирования Солнца в телескоп, но они недостаточно темные, чтобы их можно было применять для наблюдения Солнца в телескоп.

  Фирма *Thousand Oaks* также продает фильтры Polymer Plus на основе полимерной пленки. Это их ответ фирме *Tuthill* с ее фильтрами Solar Skreen. И, конечно, совершенно естественно, что каждая фирма-производитель считает свой продукт самым лучшим. Посетите Web-сайт фирмы *Thousand Oaks* по адресу `www.thousandoaksoptical.com`.

Наблюдение Солнца — это одно удовольствие

Солнце — потрясающий объект для наблюдения! Этот постоянно меняющийся горячий газовый шар может очень многое дать осторожному наблюдателю. Если принимать необходимые меры предосторожности (см. предыдущий раздел), то можно проводить наблюдения самостоятельно. В дополнение к наблюдению Солнца с помощью проекционного метода или телескопов, оснащенных солнечными фильтрами, можно также посетить Web-сайты, на которых представлены впечатляющие, профессионально сделанные изображения. В данном разделе я расскажу о некоторых способах, которые вам подойдут для самостоятельного наблюдения Солнца.

Наблюдение за солнечными пятнами

Когда вы будете уверены в том, что научились наблюдать Солнце безопасно для себя, — т.е. используя проекционный метод или телескоп, оснащенный солнечным фильтром, можете приступать к наблюдению солнечных пятен по следующему плану.

- ✓ Наблюдайте Солнце как можно чаще.
- ✓ Отмечайте размер и расположение пятен и групп пятен на солнечном диске.

  Некоторые солнечные пятна выглядят как крохотные темные точки. Если даже в мощный телескоп обсерватории эти объекты выглядят как маленькие темные точки, то они называются *порами*. Но если пятно достаточно большое, то вы сможете различить его отдельные участки. Темная часть в центре называется тень (umbra), а окружающая область, которая темнее солнечного диска, но светлее тени, — это полутень (penumbra).
- ✓ Зарисуйте схему движения солнечных пятен по мере совершения Солнцем одного полного оборота, который оно делает от 25 дней (на экваторе) до примерно 35 дней (на полюсах). Да, Солнце на разных широтах вращается с разными скоростями; это одна из многих его тайн и неожиданных свойств.

Сами посчитайте солнечные пятна

Вычисляйте свое собственное *количество солнечных пятен* для каждого дня наблюдения по следующей формуле:

$$R = 10g + s,$$

где R — это количество "ваших" солнечных пятен, g — количество групп солнечных пятен, которые вы видите на Солнце, а s — общее количество солнечных пятен, которое вы подсчитали, включая пятна в группах.

Одни солнечные пятна кажутся изолированными одно от другого и находятся в различных местах солнечного диска, а другие — расположены рядом. Пятна, расположенные рядом в одном месте солнечного диска, называются группой. А пятно, которое находится отдельно от других, считается как собственная группа (обоснования такого метода подсчета могут быть самыми разнообразными, но именно его используют на протяжении уже многих лет).

Рассмотрим это на примере. Предположим, вы различили пять солнечных пятен; три из них расположены рядом в одном месте Солнца, а еще два достаточно отдалены одно от другого. Это значит, что вы обнаружили три группы солнечных пятен (группа, состоящая из трех

близлежащих пятен, и две группы, каждая из которых содержит по одному пятну), поэтому $g = 3$. А количество отдельных пятен — 5, т.е. $s = 5$. Тогда

$$R = 10 \times 3 + 5;$$

$$R = 30 + 5;$$

$$R = 35.$$

Подсчет официального количества солнечных пятен

В один и тот же день разные наблюдатели получают различные значения количества собственных солнечных пятен. Причем, чем лучше условия наблюдения и телескоп и живее воображение, тем больше солнечных пятен вы получите. Скажем, вы получили $R = 35$, а ваш сосед — только $R = 22$. По количеству солнечных пятен вы не только не отстаете от соседа, но и опережаете его! Ура!

Официальные астрономические организации, которые сводят все данные в таблицы и усредняют отчеты множества различных обсерваторий, знают по опыту, что одни наблюдатели получают достаточно низкие значения (как ваш сосед), потому что просто не могут увидеть так много пятен, а другие далеко опережают всех остальных по своим значениям. Учитывая этот опыт, официальные организации присваивают некоторый коэффициент каждой обсерватории или наблюдателю и учитывают это в будущих подсчетах, чтобы усреднить отчеты и получить наилучшую оценку количества солнечных пятен каждый день.

Если вы хотите узнать профессионально определенное количество солнечных пятен, посетите Web-сайт Национальной солнечной обсерватории (National Solar Observatory) по адресу `www.sunspot.noao.edu/IMAGES/sunspot_numbers.html`.

Изображения Солнца в Web

В Web можно найти самые последние или недавние профессиональные фотографии солнечного диска и солнечных пятен (то, что астрономы называют фотографией в белом свете; весь видимый свет Солнца — это белый свет). Очень хороший в этом отношении сайт итальянской астрофизической обсерватории в Катании по адресу `http://woac.ct.astro.it/`. Астрономы этой обсерватории называют количество солнечных пятен *числом Вульфа* в честь знаменитого астронома, занимавшегося изучением Солнца. На этом сайте есть таблицы количества солнечных пятен и их групп, а также фотографии Солнца. Изучая эти фотографии, вы попрактикуетесь в определении групп и подсчете солнечных пятен.

Когда вы станете опытным астрономом и научитесь фотографировать в телескоп небесные объекты, попробуйте сфотографировать также Солнце. Надеюсь, вас вдохновят снимки, сделанные в обсерватории Маунт-Вилсон, в которой занимаются фотографированием Солнца с 1905 года. Оцените потрясающую фотографию силуэта самолета на фоне пятнистого Солнца, а также фотографию самой большой группы солнечных пятен изо всех, когда-либо сфотографированных, начиная с 7 апреля 1947 года. Если вам повезет настолько, что вы увидите группу солнечных пятен размером хотя бы в половину этой, то, вероятно, она будет видна через солнечный фильтр и телескоп вам даже не понадобится. Фотографии Солнца в белом свете, сделанные в обсерватории Маунт-Вилсон, можно посмотреть по адресу `http://physics.usc.edu/solar/direct.html`.

Но иногда небо Италии укрыто облаками, так что придется искать другое место, где есть профессиональные фотографии всего солнечного диска. Можно посетить, например, Web-сайт Австралийского агентства космической погоды (`http://www.ips.oz.au/index.php`). Если термин "белый свет" явно не указан, ищите изображение, в названии которого есть буквы GONGWL. Они расшифровываются так: GONG — это проект, который проводят астрономы всего мира, занимающиеся изучением Солнца, а WL — означает "белый свет". Заметим, что в рамках этого проекта регулярно получают новые результаты.

На самом деле астрономы изучают Солнце при всех видах освещения, а не только в белом свете. Эти исследования включают фотографии, сделанные в ультрафиолетовом, в крайней части ультрафиолетового и в рентгеновском диапазоне; все эти виды излучения невидимы для глаза и фактически задерживаются атмосферой Земли. Поэтому подобные фотографии сделаны с помощью телескопов, установленных на искусственных спутниках, вращающихся вокруг Земли на большой высоте, или космических аппаратов, находящихся далеко от Земли и вращающихся вокруг Солнца, как и Земля. Изображения Солнца, сделанные с помощью спутников и множества других телескопов, находящихся на поверхности Земли, можно найти на Web-сайте NASA "Текущие изображения Солнца" по адресу `http://umbra.nascom.nasa.gov/images/latest.html`.

Если у вас достаточно широкий канал в Internet, который позволяет смотреть видеоролики через Web, посмотрите сделанный с помощью спутника SOHO фильм, в котором видно, как меняется "лицо" Солнца, на сайте NASA SOHO Movie Theatre (Кинотеатр спутника SOHO) по адресу `http://sohowww.nascom.nasa.gov/synoptic/soho_movie.html`.

Наблюдение полного солнечного затмения

Лучший способ ежедневно наблюдать самую внешнюю, самую изменчивую и самую красивую зону Солнца, т.е. корону, — это следить за изображениями, сделанными с помощью спутников и опубликованными на Web-сайтах, указанных в предыдущем разделе.

Но непосредственное, "живое" наблюдение короны — это зрелище, в котором не стоит себе отказывать. Достаточно сказать, что это одно из самых красивых и захватывающих природных явлений. Поэтому многие астрономы-любители годами копят деньги, чтобы потратить их на великое путешествие для наблюдения солнечного затмения. И профессиональные астрономы тоже ищут способы попасть в ту точку Земли, где будет наблюдаться полное солнечное затмение, несмотря на все свои спутники и космические телескопы.

Бывает *частичное* (partial), *кольцеобразное* (annular) и *полное* (total) *затмения* (eclipse) *Солнца* (рис. 10.5). Конечно, самое потрясающее зрелище — полное затмение, но некоторые кольцеобразные затмения тоже стоят того, чтобы отправиться в путешествие. Во время кольцеобразного затмения вокруг контура Луны видно тонкое светлое кольцо фотосферы. Частичное затмение — не то, ради чего я проехал бы сотни километров, поскольку нельзя увидеть хромосферу или корону. Но, конечно, если такое затмение произойдет там, где вы живете, то зачем упускать случай попрактиковаться? В конце концов, первая и последняя стадия полного или кольцеобразного солнечного затмения — это частичные затмения! Поэтому вы должны уметь наблюдать и эти стадии тоже.

Наблюдение полного солнечного затмения

Чтобы наблюдать частичное затмение или частичные фазы полного солнечного затмения, используйте Solar Skreen или другие солнечные фильтры, которые я описывал в предыдущем разделе. Затмение можно наблюдать в бинокль или телескоп, оснащенные таким фильтром, либо через фильтр, если держать его перед глазами.

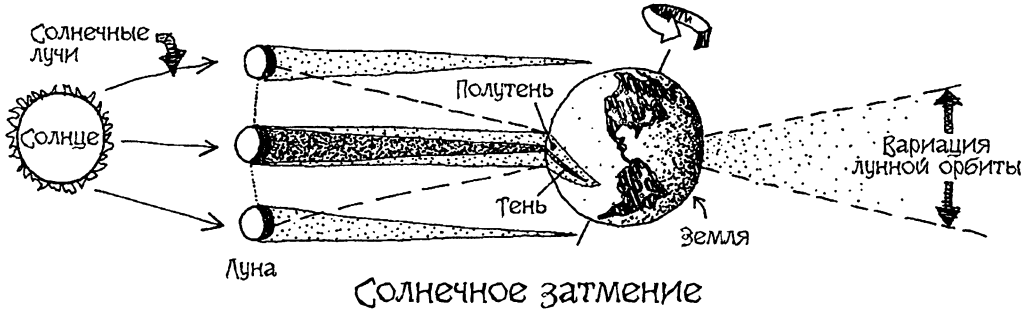


Рис. 10.5. Что происходит во время затмения Солнца

Полное затмение обычно начинается с частичной фазы. Сначала происходит *первый контакт* (first contact), когда край Луны наползает на край Солнца. Теперь наблюдатель видит *частичное затмение* Солнца; это значит, что он находится в *полутени* или более светлой внешней части тени Луны. Во время *второго контакта* (second contact) движущийся вперед край Луны достигает противоположного края Солнца, так что теперь Солнце полностью закрыто. Вы стали свидетелем полного затмения и находитесь в темной *тени*, или центральной тени Луны. В этот период можно опустить солнечный фильтр или бинокль с фильтром и просто, не отрываясь, смотреть (не рискуя повредить зрение) на фантастическое зрелище полного солнечного затмения. Но когда период полного затмения пройдет, не смотрите пристально на Солнце без фильтра.

Корона формирует вокруг Луны яркое белое гало, из которого иногда на запад и восток простираются длинные "языки". С южной и северной стороны лимба Луны, а также вокруг всего лунного диска можно увидеть тонкие яркие полярные лучи. Ищите маленькие ярко-красные точки — это солнечные протуберанцы, видимые невооруженным глазом в краткие моменты затмения. Во время пика 11-летнего цикла солнечной активности корона обычно круглая, но в периоды минимума пятнообразования она вытянута с востока на запад. Нужно отметить, что во время каждого затмения форма короны разная.

Некоторые люди снимают солнечные фильтры со своих биноклей и телескопов и наблюдают полное солнечное затмение через эти инструменты, не пользуясь фильтрами. Это очень опасно, если:

- ✓ вы снимаете фильтр слишком рано, до того как Солнце действительно войдет в фазу полного затмения;
- ✓ вы смотрите без фильтра слишком долго (очень простой способ нарваться на неприятности) и продолжаете смотреть сквозь оптический инструмент без фильтра и тогда, когда Солнце уже начинает появляться из-за Луны.

Предупреждаю! Не советую смотреть на Солнце через бинокль или телескоп без фильтра даже во время фазы полного солнечного затмения, если вы не находитесь под непосредственным контролем специалиста. Например, иногда опытный руководитель группы, совершающей путешествие для наблюдения затмения, использует звукоусилительную аппаратуру (микрофон, усилитель, динамик), компьютерные вычисления и собственные "ноу-хау", чтобы объявлять группе, когда можно смотреть на солнечное затмение без фильтра, а когда нужно прекратить это делать, дает советы и предостерегает.

На собственном (горьком) опыте я знаю, что самый простой способ нанести себе вред — это прильнуть к биноклю или телескопу, чтобы посмотреть еще "только пару секундочек", в то время как тонкий и яркий краешек солнечного диска уже начинает выходить из-за Луны. Этот тонкий краешек не заставит вас немедленно отвести взгляд, потому что он не кажется особенно ярким. Но вы не отдаете себе отчет, что инфракрасные лучи от этой маленькой части солнечного диска повреждают ваше зрение, не слепя вас и не вызывая мгновенной боли. Всего через несколько минут (или еще быстрее) вы начнете ощущать боль. Но будет поздно: зрение уже повреждено.

Такое яркое, что нужно носить солнцезащитные очки

Компания *Rainbow Symphony, Inc.* из Реседы, штат Калифорния, — это известный производитель солнечных фильтров, вставленных в недорогую оправу для очков (это похоже на очки для просмотра стереоскопических фильмов). Кстати, компания *Rainbow* продает также стереоскопические очки, но для наблюдения затмения они не помогут. Компания производит продукцию под названием Eclipse Shades. Эти очки достаточно недороги, поэтому советую приобрести их каждому члену вашей компании, даже если вы покупаете более дорогие солнечные фильтры для своих оптических инструментов. Обычно организаторы туров и круизов для наблюдения затмения распространяют специальные очки, но они не всегда так удобны, как Eclipse Shades. Более подробно об этих очках вы можете узнать на Web-сайте компании *Rainbow Symphony* по адресу `www.rainbowsymphony.com/soleclipse.html`.

Соблюдайте меры предосторожности, следуйте всем инструкциям, не смотрите прямо на Солнце без фильтра — и тогда вы с нетерпением будете ожидать новых и новых полных затмений Солнца!

Поиск полос тени и четок

Еще одна причина, по которой не следует смотреть на Солнце во время фазы полного затмения через оптические инструменты, состоит в том, что в это время можно увидеть в небе много интересного невооруженным глазом.

- ✓ Прямо перед фазой полного затмения так называемые *полосы тени* (shadow bands) — мерцающие малоконтрастные узоры темных и светлых полос — могут пробегать по земле или по палубе вашего корабля. Это оптические эффекты, порождаемые в атмосфере Земли, когда от яркого солнечного диска затмевающая его Луна оставляет только последнюю маленькую частичку, но когда она еще не затмила его полностью.
- ✓ *Четки Бейли*[2] (Baily's Beads) — это еще одно удивительное, но быстротечное зрелище, которое происходит во время фазы полного затмения. Всего на несколько мгновений до и после фазы полного затмения на краю лунного диска появляются яркие точки ("четки"), когда солнечный свет проходит между горами или краями кратеров Луны.
- ✓ И не забывайте наблюдать за дикими животными (а также домашними, если будет такая возможность). Куры возвращаются в курятник, коровы — в хлев и т.д. Во время одного затмения в XIX веке астрономы установили свои инструменты в хлеву и направили телескопы наружу через дверь. Как же они удивились, когда во время фазы полного затмения коровы вернулись домой!

[2] *Впервые описал это явление английский астроном Фрэнсис Бейли (Francis Baily) в 1836 году.*

Во время фазы полного затмения посмотрите на темное небо вокруг Солнца. Это редкая возможность увидеть звезды днем. В специальных статьях, публикуемых в астрономических журналах или на Web-сайтах, обычно сообщают, какие звезды и планеты искать. Вы можете также узнать это самостоятельно, введя дату и время затмения в программу-планетарий и выбрав режим отображения неба в том месте Земли, где вы собираетесь наблюдать затмение.

Путь полного затмения

В конце фазы полного затмения наступает *третий контакт*, когда ведущий краешек Луны выходит за пределы солнечного диска. Теперь вы снова находитесь в полутени и наблюдаете частичное затмение. *Четвертый*, или *последний*, *контакт* происходит, когда ведомый краешек Луны сползает с солнечного диска. Увы, затмение закончилось.

Все затмение, от первого до последнего контакта, может продолжаться несколько часов, но самая интересная часть, фаза полного затмения, длится от одной до семи минут или чуть больше.

И есть только одно место на *пути полного затмения* — следа центра тени Луны на поверхности Земли, — где продолжительность полного затмения наибольшая. Во всех других местах на этом пути фаза полного затмения короче. Конечно, место, где затмение имеет максимальную продолжительность, может находиться не там, где прогноз погоды наилучший, или не там, куда легко и безопасно добраться. Поэтому очень важно планировать "путешествие за затмением" заранее. В любом хорошем месте все номера в отелях, автомобили напрокат и т.д. будут заказаны по меньшей мере за один или даже за два года до затмения.

Чтобы спланировать путешествие для наблюдения затмения, выберите в табл. 10.1 подходящее затмение и начинайте искать оптимальный способ увидеть его.

Таблица 10.1. Предстоящие полные затмения Солнца

Дата полного затмения	Максимальная длительность (минуты и секунды)	Путь затмения
8 апреля 2005 года	0:42	От южной части Тихого океана до Центральной Америки и Венесуэлы
29 марта 2006 года	4:07	От восточной Бразилии через Атлантический океан до Ганы, через Африку до Ливии, через Средиземное море до Турции, через Черное море до Грузии и Казахстана
1 августа 2008 года	2:27	Северная Канада, Гренландия, Северный Ледовитый океан, Россия, Монголия — и до Китая
22 июля 2009 года	6:39	Индия, Непал, Бутан, Китай, Южно-Китайское море и центральная часть Тихого океана
11 июля 2010 года	5:20	Через южную часть Тихого океана и остров Пасхи до южной части Чили и Аргентины
13 ноября 2012 года	4:02	Австралия, через южную часть Тихого океана в сторону (но не доходя до) Чили
3 ноября 2013 года	1:40	Через Атлантический океан до Африки от Габона до Уганды, Кении и Эфиопии
20 марта 2015 года	2:47	Через северную часть Атлантического океана, южную часть Гренландии до Фаросских островов, Норвежского моря, острова Шпицберген и почти до Северного полюса

За несколько лет до затмения в астрономических журналах начнут появляться статьи с информацией о прогнозах погоды в месте затмения и о том, как наблюдать его в различных точках земного шара. Читайте Web-сайты журналов *Sky & Telescope* и *Astronomy*. Ищите объявления об организации "путешествий за затмением" в журналах и в Web. Самые надежные прогнозы о затмениях можно найти на Web-сайте NASA, посвященном затмениям, по адресу `sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse`.

Удачи!

Глава 11

Звезды — ядерные реакторы

В этой главе...

- Жизненный цикл звезд
- Типы звезд
- Двойные и переменные звезды
- Наблюдение звезд
- Знакомство со звездными знаменитостями

Сотни миллиардов звезд, таких же как Солнце, населяют галактику Млечный Путь, в которой находится наша Земля. Точно так же миллиарды других галактик Вселенной состоят из огромного множества звезд. Звезды подразделяют по-разному, но подавляющее большинство из них относят всего к нескольким простым типам. Эти типы соответствуют этапам жизненного цикла звезд, так же как людей можно распределить по возрастным группам. Когда вы поймете, что такое звезда и как она проходит этапы своего жизненного пути, то получите полное представление об этих ярких и не очень ярких маяках в ночном небе.

В этой главе мы будем говорить о первоначальной массе (или размере) звезды, — которую она имела при рождении, как о решающем факторе того, чем она станет впоследствии. Затем я расскажу об основных свойствах звезд, а также о характеристиках двойных и переменных звезд, которые делают их столь интересными для наблюдения.

И, конечно, обсуждение звезд будет неполным без сплетен о знаменитостях. Поэтому я познакомлю вас с некоторыми "светилами" ночного неба, которых нужно знать, потому что это выдающиеся "личности" в окрестностях Солнечной системы.

Жизненные циклы горячих и массивных звезд

Самые важные категории звезд соответствуют последовательным этапам их жизненных циклов: дети, взрослые, пожилые и умирающие. (Что? А подростки? Вселенная отказалась от категории "молодежь" после ее ужасных разгульных выходок!) Конечно, ни один астрофизик, имеющий степень Ph. D. (д-ра философии), не будет использовать такие простые термины. Поэтому астрономы называют эти типы звезд так: молодые звездные объекты (YSO), звезды главной последовательности, красные гиганты и звезды, находящиеся на завершающих этапах своей эволюции соответственно. (Наверное, вам будет приятно узнать, что ни одна звезда не умирает полностью; как правило, она переходит в новое состояние, завершающее ее эволюцию, и становится белым карликом или черной дырой.)

Перечислим этапы жизненного цикла нормальной звезды примерно такой же массы, как у Солнца.

1. Звезда "рождается", когда газ и пыль в холодной туманности сжимаются, формируя молодой звездный объект (YSO).
2. Сжимаясь, звезда разгоняет остатки породившего ее облака и начинаются реакции горения водорода. Другими словами, происходит ядерный синтез (об этом подробнее говорилось в главе 10).
3. По мере постепенного сгорания водорода звезда переходит в разряд главной последовательности (об этом этапе жизни звезд я расскажу позже в этой главе).
4. Когда звезда израсходует весь водород в своем ядре, начнется горение водорода, содержащегося в оболочке (большой внешний слой, окружающий ядро).
5. Энергия, выделяющаяся при горении водорода оболочки, приведет к тому, что звезда станет ярче и расширится. Звезда станет больше, холоднее и приобретет красный оттенок, т.е. превратится в так называемый красный гигант.
6. Звездные ветры, овевающие звезду, постепенно оторвут от нее внешние слои, которые сформируют планетарную туманность вокруг остатка горячего звездного ядра.
7. Туманность расширяется и рассеивается в космосе, и от звезды остается только маленькое горячее ядро.
8. Это ядро, которое теперь называется белым карликом, постепенно остывает и угасает навсегда.

У звезд с массой, намного бо́льшей, чем у Солнца, другой жизненный цикл. Вместо того чтобы породить планетарную туманность и превратиться в умирающего белого карлика, они взрываются как сверхновые и в конце концов после них остаются нейтронные звезды или черные дыры. Причем происходит это довольно быстро. Продолжительность жизни Солнца должна составить примерно 10 миллиардов лет, а звезда, масса которой в 20–30 раз превышает массу Солнца, взорвется всего через несколько миллионов лет после своего рождения.

А у звезд с массой, намного меньшей, чем у Солнца, другая судьба. Они начинают как YSO, затем присоединяются к главной последовательности звезд и навсегда остаются красными карликами. В основе всех описанных фактов лежит фундаментальный принцип астрофизики: чем больше масса, тем быстрее выгорает ядерное топливо и тем короче жизнь звезды. И, наоборот, чем меньше масса, тем медленнее происходит процесс сгорания водорода и тем дольше живет звезда.

К тому времени, когда Солнце исчерпает весь водород своего ядра, ему будет по меньшей мере 9 миллиардов лет. А у красного карлика водород сгорает так медленно, что такое положение сохраняется почти навечно (с практической точки зрения).

В последующих разделах мы более подробно рассмотрим этапы жизненного пути звезд.

YSO: первые шаги

Молодые звездные объекты (YSO) — это новорожденные звезды, которые еще окружены шлейфом породивших их облаков или тянут его за собой. К ним относятся *звезды типа Т Тельца*, названные по имени первой найденной звезды этого типа — Т из созвездия Тельца; и *объекты Хербига–Аро* (Herbig–Haro, сокращенно Н–Н), названные в честь двух открывших их астрономов[1]. (На самом деле объекты Н–Н — это сверкающие газовые шары, выброшенные в противоположных направлениях от самой молодой звезды, которая обычно не видна, так как ее скрывает пыль из породившего ее облака.) YSO можно обнаружить в районах молодых звезд, которые астрономы называют районами НП, например, в туманности Ориона (рис. 11.1), где за последние пару миллионов лет родились сотни звезд.

[1] *Открыты в 1950 году Г. Хербигом и Г. Аро во время изучения ближайшего места образования звезд в созвездии Ориона.*

Рис. 11.1. Туманность Ориона относится к туманностям, где рождается много звезд, которые сначала скрываются за завесой межзвездной пыли

Фотография Джерри Лодригесса

Многие изображения эффектных туманностей с выбросами — это на самом деле "портреты" YSO. Выбросы и другие элементы туманностей сразу бросаются в глаза, но сами звезды иногда едва заметны (если заметны вообще), поскольку их скрывает окружающее их газо-пылевое облако.

Звезды главной последовательности: долгая зрелость

Звезды *главной последовательности*, к которым относится Солнце, отбрасывают породившие их облака и ярко светят в небе благодаря реакциям ядерного синтеза (т.е. превращению водорода в гелий), идущим в их ядрах (более подробно о реакциях ядерного синтеза на Солнце говорилось в главе 10). В прежние времена астрономы классифицировали звезды, еще не зная и не понимая различий между ними, поэтому звезды главной последовательности также называют *карликами* (dwarfs). Так и получилось, что звезду главной последовательности называют карликом, даже если ее масса в 10 (или даже больше) раз превышает массу Солнца.

Когда астрономы и авторы научно-популярных статей говорят "нормальные звезды", они, как правило, имеют в виду звезды главной последовательности. Когда они пишут о "солнцеподобных" звездах, то имеют в виду звезды главной последовательности примерно такой же массы, как у Солнца (больше или меньше не более чем в 2 раза).

Самые малые звезды главной последовательности — это *красные карлики* (red dwarfs), которые имеют тусклый красный оттенок.

У красных карликов малая масса, но их великое множество. Подавляющее большинство звезд главной последовательности — это красные карлики. Они — как мелкие мошки, которые окружают вас со всех сторон, но едва заметны. Красные карлики настолько тусклые, что даже ближайшую звезду этого типа, Проксиму Центавра (ближайшая к Солнцу звезда), нельзя увидеть без телескопа.

Красные гиганты

Красные гиганты (red giant) — это звезды совершенно другого типа; они намного больше Солнца. Диаметр некоторых из них примерно равен диаметру орбиты Венеры или даже орбиты Земли. Они представляют собой более поздний этап жизни звезд *промежуточной массы* (т.е. имеющих массу от чуть меньшей массы Солнца до превышающей ее в несколько раз), после того как она выйдет из категории главной последовательности ("перерастет" ее).

У красного гиганта сгорание водорода происходит не в ядре, а в сферической области сразу за пределами ядра, которая называется *слоем водородного горения*. У такой звезды водород не может сгорать в ядре, потому что весь ее водород ядра уже выгорел и в результате реакций ядерного синтеза превратился в гелий. Звезды, масса которых намного превышает массу Солнца, не становятся красными гигантами; они раздуваются настолько, что мы называем их *красными сверхгигантами* (red supergiant). Типичный красный сверхгигант в тысячу или в две тысячи раз больше Солнца; он велик настолько, что может простираться за орбиту Юпитера или даже Сатурна, будь он на месте Солнца.

Звезды на завершающем этапе эволюции

Завершающий этап звездной эволюции — это вежливый термин для обозначения этапа жизни звезд, чьи лучшие годы далеко позади. Этим термином называют такие объекты:

- ✓ белые карлики;
- ✓ центральные звезды планетарных туманностей;
- ✓ нейтронные звезды;
- ✓ сверхновые звезды;
- ✓ черные дыры.

Чем больше, тем реже

Участники программы SETI (подробности — в главе 14) не направляют свои радиотелескопы на массивные звезды, чтобы обнаружить радиосигналы от развитых цивилизаций. Дело в том, что массивные звезды взрываются и умирают после настолько короткой жизни, что трудно представить, чтобы на любой из окружающих их планет за это время успела развиться жизнь.

Массивные звезды встречаются гораздо реже, чем звезды малой массы. Чем массивнее звезды, тем их меньше. Поэтому в конце концов, когда существующие звезды постареют и исчерпаются порождающие облака новых звезд, Млечный Путь будет состоять, в основном, только из двух типов звезд. Это будут красные карлики, которые живут практически вечно (во всяком случае, очень долго по сравнению с другими), и белые карлики, которые ведут себя примерно так же, но постепенно угасают. Да, будет много нейтронных звезд и черных дыр, но, поскольку они представляют собой остатки более массивных звезд, их будет немного по сравнению с количеством красных и белых карликов, которыми станут представители самых многочисленных типов звезд главной последовательности.

Звезды — как люди, если говорить о том, что самые большие из них (например, ростом 2,20 м, как голландский баскетболист Рик Смитс) встречаются очень редко.

Белые карлики

Белые карлики (white dwarfs) на самом деле могут быть голубыми, белыми, желтыми или даже красными, в зависимости от того, насколько они горячие. Они представляют собой остатки солнцеподобных звезд и похожи на старых генералов, которые, по словам генерала Дугласа Мак-Артура[2], не умирают, а просто угасают.

Белый карлик похож на тлеющий уголек из костра, который вы только что загасили. Он еще горячий, хотя больше не горит. Он будет угасать целую вечность по мере остывания. Белые карлики — это компактные звезды, так как они маленькие и очень плотные. Типичный белый карлик может иметь такую же массу, как у Солнца, но при этом по размерам быть чуть больше (или даже не больше) Земли. Белые карлики практически не видны. Это самые рас-

[2] *Американский генерал. Участвовал в Первой и Второй мировых войнах.*

пространенные звезды после красных карликов, но даже ближайший к Земле белый карлик слишком тусклый, чтобы его можно было увидеть без телескопа. В белом карлике так много вещества упаковано в малом объеме, что "чайная ложка белого карлика" весила бы на Земле около тонны. Вот что по этому поводу говорится в университетском учебнике Jeffrey Bennett, Megan Donahue, Nicholas Schneider, Mark Voit, *The Cosmic Perspective* (Addison-Wesley Publishing Company, 1999): "Две игральные кости, сделанные из материала белого карлика, весили бы пять тонн, т.е. как три автомобиля". Попробуйте-ка сыграть в такие кости!

Центральные звезды планетарных туманностей

Центральные звезды планетарных туманностей — это малые звезды, находящиеся в центре небольших красивых туманностей, таких как знаменитая Кольцевая туманность (Ring Nebula) в созвездии Лиры, показанная на цветной вклейке в этой книге.

Центральные звезды планетарных туманностей во многом похожи на белых карликов и действительно превращаются в них, если еще не стали ими. Так что они тоже представляют собой остатки солнцеподобных звезд. Туманности, состоящие из газа, выброшенного из звезды, расширяются, угасают, рассеиваются и в конце концов оставляют после себя звезды, которые уже не являются центрами чего-либо, — теперь они просто белые карлики.

Нейтронные звезды

Нейтронные звезды очень малы, даже меньше белых карликов, но зато они весят больше их. (Точнее, они превосходят их по массе. Вес — это сила, с которой планета или другое тело действует на объект определенной массы. Ваш вес на Луне, Марсе или Юпитере будет отличаться от вашего веса на Земле, хотя ваша масса при этом останется неизменной.)

Нейтронные звезды — как Наполеон: рост маленький, но недооценивать не стоит. Диаметр типичной нейтронной звезды — всего один-два десятка километров, но зато ее масса в полтора-два раза превосходит массу Солнца. "Чайная ложка нейтронной звезды" весила бы на Земле около миллиарда тонн. Авторы книги *The Cosmic Perspective* подсчитали, что "обрывок бумаги, сделанный из материала нейтронной звезды, весил бы больше Эвереста".

Некоторые нейтронные звезды называют *пульсарами* (pulsars). На рис. 11.2 показана Крабовидная туманность, в центре которой находится пульсар.

Пульсар — это нейтронная звезда с высокой намагниченностью, которая быстро вращается и излучает пучки энергии (это могут быть радиоволны, рентгеновские лучи, гамма-лучи и/или видимый свет). Когда такие лучи проносятся мимо Земли, наши телескопы фиксируют кратковременные скачки излучения, которые мы называем импульсами, или пульсациями. Теперь вы понимаете, почему пульсары получили свое название. Частота вашего пульса говорит о том, насколько быстро бьется ваше сердце. А частота испускания лучей пульсаром говорит о том, насколько быстро он вращается. Эта частота может составлять несколько сотен раз в секунду или всего один раз за несколько секунд.

Сверхновые

Сверхновая (supernovae) — это мощнейший взрыв, в результате которого звезда полностью разрушается (рис. 11.3).

Сначала давайте познакомимся со сверхновой типа II. *Сверхновая типа II* (type II supernova) — это ослепительный, невероятной силы взрыв звезды, намного более массивной, крупной и яркой, чем Солнце. До взрыва это был красный сверхгигант и, возможно, даже достаточно горячий, чтобы его можно было назвать голубым сверхгигантом. Когда сверхгигант, какого бы цвета он ни был, взрывается, после него остается небольшой сувенир на память — нейтронная звезда. Может произойти также сжатие звезды, причем настолько сильное, что после нее останется еще более странный объект — черная дыра.

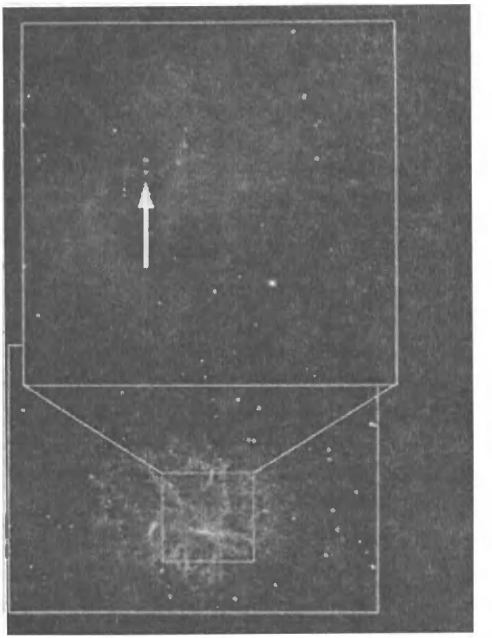


Рис. 11.2. Крупный план Крабовидной туманности (сверху); стрелка указывает на пульсар, находящийся в центре этой туманности

Фотография любезно предоставлена NASA

Рис. 11.3. Сверхновая в спиральной галактике M51

Фотография любезно предоставлена NASA

Второй тип сверхновой, который особенно важен, — это тип Ia. *Сверхновая типа Ia* (type Ia supernova) даже ярче сверхновой типа II, и ее взрыв происходит вполне предсказуемо и закономерно. Наблюдая сверхновую типа Ia, астрономы по степени ее яркости могут определить, на каком расстоянии она находится. Чем тусклее выглядит сверхновая, тем она дальше. Поэтому астрономы используют сверхновые типа Ia для измерения расстояний во Вселенной и степени ее расширения. В 1998 году две группы астрономов, изучая тип Ia, обнаружили, что расширение Вселенной вовсе не замедляется, а наоборот, ускоряется. Это открытие заставило специалистов пересмотреть свои теории космологии и Большого Взрыва (подробности вы узнаете в главе 16).

У всех сверхновых типа Ia наблюдаются аналогичные картины взрывов, поскольку они представляют собой извержения в системах двойных звезд, когда газ от одной звезды стекает на другую (белый карлик), создавая внешний горячий слой, в результате чего накапливается что-то вроде критической массы и происходит взрыв. Когда есть критическая масса, происходит стандартный взрыв, а когда есть больше критической массы ... подождите — нельзя получить больше критической массы, потому что звезда уже взорвется! Так что астрофизика не так уж сложна.

Черные дыры

Черные дыры (black holes) — объекты настолько плотные и компактные, что по сравнению с ними нейтронные звезды и белые карлики кажутся чем-то очень неплотным и разреженным, как "сахарная вата". В черных дырах в малом объеме упаковано так много вещества, что огромная сила гравитации не дает ничему, даже световым лучам, вырваться из них. По мнению физиков, то, что попало внутрь черной дыры, покинуло нашу Вселенную. Так что если вы вдруг попадете в черную дыру, можете послать нашей Вселенной прощальный поцелуй.

Увидеть свет, исходящий из черной дыры, невозможно, потому что свет из нее не может выйти наружу. Возникает вопрос: как же обнаружить черную дыру? Оказывается, ученые определяют черную дыру по ее воздействию на окружающее пространство. Вблизи черной дыры вещество раскаляется и хаотично движется с бешеной скоростью, но из него никогда ничего не образуется. В конце концов это вещество попадает в черную дыру "и — привет". И такая ситуация обусловлена мощнейшей гравитацией черной дыры.

Но на самом деле я слишком упрощаю: иногда некоторой части вещества, движущегося вокруг черной дыры, удается "спастись". Оно выбрасывается в мощных потоках на огромной скорости.

Ученые обнаруживают черные дыры так: они видят газ, вращающийся вокруг некоего участка, причем этот газ оказывается слишком горячим для обычных условий. Они обнаруживают потоки частиц высоких энергий, которым удалось ускользнуть из черной дыры. И наконец, ученые видят звезды, мчащиеся по орбитам с фантастической скоростью, как будто их приводит в движение чудовищная гравитация невидимого объекта огромной массы. Все это признаки черной дыры.

До апреля 1999 года, когда астрономы объявили об открытии третьего класса черных дыр — черных дыр промежуточной массы, — различали два типа черных дыр:

- ✓ черные дыры звездной массы;
- ✓ сверхмассивные черные дыры.

Черная дыра звездной массы (stellar mass black hole), как вы уже догадались, имеет массу звезды. А точнее, масса таких объектов варьируется примерно от трех до ста солнечных масс, хотя черные дыры с массой, соответствующей верхнему из указанных пределов, пока не обнаружены[3]. Эти черные дыры имеют примерно такой же размер, как нейтронные звезды. Черная дыра, масса которой примерно в 10 раз превышает солнечную, имеет диаметр около 60 км. Если бы можно было сжать Солнце до достаточно малого размера, так чтобы оно превратилось в черную дыру (к счастью, это вряд ли возможно), то его диаметр составил бы

[3] *Самая массивная черная дыра звездной массы из известных на сегодня (2003 г.) — черная дыра с массой 14 масс Солнца.*

примерно 6 км. Черные дыры звездной массы образуются в результате взрыва сверхновых и, возможно, какими-то другими способами.

Сверхмассивные черные дыры (supermassive black hole) имеют массу от сотен тысяч до нескольких миллиардов масс Солнца. Как правило, они расположены в центре галактик. Например, в центре нашей родной галактики Млечный Путь находится черная дыра, которая называется Стрелец A* (заметьте, звездочка здесь — не ссылка на комментарий, а составная часть названия). Ее масса составляет примерно миллион солнечных масс. Наша Солнечная система совершает полный оборот вокруг этой черной дыры в центре Галактики примерно за 226 миллионов лет. Это последние данные, полученные с помощью радиотелескопа Very Long Baseline Array (система телескопов со сверхдлинной базой), состоящего из 10 радиотелескопов, расположенных на линии, протянувшейся по всей территории США, от Виргинских островов через Северную Америку и до Гавайских островов. Некоторые астрономы считают, что в центре каждой галактики или по крайней мере каждой галактики нормального размера находится черная дыра. По поводу карликовых галактик полной уверенности нет. Более подробно о сверхмассивных черных дырах я расскажу в главе 13.

Черным дырам промежуточной массы (intermediate mass black holes) их умное название досталось от специалистов, которые их открыли, но пока слабо представляют, что же они открыли. Одни ученые считают, что это "подростковый" этап развития будущих сверхмассивных черных дыр и их масса намного меньше той, которая у них будет в будущем. По мнению этих ученых, проглатывая все вокруг, они неизбежно в будущем приобретут огромную массу. Другие ученые полагают, что эти черные дыры — нечто совершенно особенное, но что? Конечно, очень хотелось бы это знать, но увы, пока данных недостаточно и необходимы новые исследования. Эти черные дыры имеют массу, примерно в 500–1000 раз превышающую массу Солнца.

По правде говоря, сверхмассивные черные дыры — это не звезды. И, скорее всего, не являются ими и черные дыры промежуточной массы. Но я все-таки решил уделить им немного внимания. Не зная о черных дырах, нельзя называть себя астрономом. Как только вы начнете выдавать себя за астронома, вам сразу начнут задавать всевозможные вопросы о черных дырах. А теперь угадайте, много ли вопросов вам зададут о звездах главной последовательности и о молодых звездных объектах?

Диаграммы звезд

Чтобы лучше понять, что представляют собой различные типы звезд, на основании данных наблюдений построим графики. Отложим значения звездной величины (или степени блеска) звезды по вертикальной оси, а цвет (или температуру) — по горизонтальной. Такой график называется диаграммой "цвет — звездная величина", или диаграммой Герцшпрунга–Ресселла, сокращенно H–R-диаграммой, в честь двух астрономов, которые первыми ее построили (рис. 11.4).

Читая курс астрономии в Калифорнийском университете (Лос-Анджелес) и университете Мэриленда, я всегда могу сказать, кто из студентов учится, а кто — нет. Когда на коллоквиуме я спрашиваю, какие параметры отображены на H–R-диаграмме, некоторые студенты отвечают: "H и R". И мне сразу все становится ясно.

Спектральные типы: какого цвета моя звезда?

У Герцшпрунга и Ресселла не было достаточной информации о цветах или температурах звезд, поэтому по горизонтальной оси первоначальной диаграммы они отложили значения спектральных типов. *Спектральный тип* (spectral type) — это параметр, присваиваемый звезде в зависимости от ее спектра. А *спектр* (spectrum) — это составляющие, на которые раскладывается свет звезды, проходя через призму или другое оптическое устройство в приборе под названием спектрограф.

Рис. 11.4. Диаграмма Герцшпрунга–Рессела

Сначала астрономы понятия не имели, что представляют собой различные типы звезд, поэтому они просто группировали их вместе (именуя их тип *A*, тип *B* и т.д.) на основе сходства их спектров. Впоследствии астрономы поняли, что спектральные типы отражают температуры и другие физические условия в атмосфере звезд, где их свет выходит в космическое пространство. Как только ученые поняли, что означают цвета, они упорядочили спектральные типы в зависимости от температуры, а Герцшпрунг с Ресселлом построили диаграмму. При этом некоторые лишние типы они исключили.

Основные спектральные типы, отображенные на H–R-диаграмме, — это *O*, *B*, *A*, *F*, *G*, *K*, *M*, от самых горячих звезд до самых холодных. Студенты университетов запоминают эту последовательность букв с помощью следующей фразы: "Oh, be a fine girl (guy), kiss me"[4] (первые буквы этих слов составляют нужную аббревиатуру).

В табл. 11.1 перечислены общие свойства звезд каждого спектрального класса.

Таблица 11.1. Спектральные классы звезд

Класс	Цвет	Поверхностная температура	Пример
O	Фиолетово-белый	30 000 °K и выше	λ Ориона
B	Бело-голубой	12 000–30 000 °K	Ригель
A	Белый	8000–12 000 °K	Сириус

[4] *О, будь хорошем девочкой (мальчиком), поцелуй меня.*

Окончание табл. 11.1

Класс	Цвет	Поверхностная температура	Пример
F	Желто-белый	6000–8000 °K	Процион
G	Желтый	5000–6000 °K	Солнце
K	Оранжевый	3000–5000 °K	Арктур
M	Красный	ниже 3000 °K	Антарес

Классификация светимости

У каждого спектрального класса есть подразделения. Например, Солнце имеет спектр G2V, т.е. считается звездой типа *G*, немного более холодной, чем звезда типа G0 или G1, и немного более горячей, чем звезда типа G3. Но Солнце намного холоднее звезды типа *K* и считается карликом главной последовательности, на что указывает римская цифра "V". "V" называется классом светимости Солнца. Каждая звезда относится к некоторому классу светимости, который обозначается римской цифрой.

Сверхгиганты относятся к классам светимости I и II, гиганты — к классу III, а субгиганты (промежуточный этап между звездами главной последовательности и красными гигантами) — к классу светимости IV. Все красные карлики относятся к классу светимости V, а белые карлики — к классу D.

Сегодня можно найти H–R-диаграммы, которые отличаются по форме, но представляют одни и те же данные: относительные свойства звезд, определяемые их температурой и блеском.

Некоторые H–R-диаграммы откалиброваны, так что на них отображены действительные значения блеска или светимости звезд, а не видимые звездные величины или уровни блеска с точки зрения наблюдателя на Земле.

Масса определяет класс

У звезды большей массы в ядре идут более интенсивные ядерные реакции и она выделяет больше энергии, чем звезда меньшей массы. Так что более массивная звезда главной последовательности ярче и горячее, чем менее массивная звезда главной последовательности. К тому же более массивные звезды больше по размерам. На основании этой информации можно вывести фундаментальное положение астрофизики, отраженное на H–R-диаграмме: масса определяет класс.

На H–R-диаграмме (см. рис. 11.4) звездные величины, соответствующие большему блеску (т.е. с меньшими числовыми значениями) находятся на диаграмме выше, спектральные классы горячих звезд — слева, а холодных — справа. Так что температура возрастает справа налево, а звездная величина — сверху вниз.

Если отобразить на H–R-диаграмме реальные данные наблюдений, где каждой точке соответствует одна звезда, это очень многое даст внимательному читателю.

- ✓ Многие или даже большинство звезд расположены в полосе, идущей по диагонали от верхнего левого угла в правый нижний. Эта диагональная полоса соответствует главной последовательности звезд и все находящиеся в ней звезды — нормальные звезды типа Солнца, в ядрах которых происходят термоядерные реакции горения водорода.
- ✓ Некоторые звезды находятся в более широкой и разреженной, приблизительно вертикальной полосе, протянувшейся от диагональной полосы вверх и немного вправо (т.е. в сторону большего блеска и более низких температур). В этой полосе находятся красные гиганты.

- ✓ Небольшое количество звезд разбросано по всей верхней части диаграммы, слева направо. Это полоса сверхгигантов; слева находятся голубые, а справа — красные сверхгиганты (превосходящие голубые по численности).
- ✓ Еще немного звезд находится намного ниже диагональной полосы — внизу слева и в центре диаграммы. Это белые карлики.

Звезда главной последовательности отображена на H–R-диаграмме в соответствии с ее блеском и температурой, но и ее блеск, и температура зависят только от одного — массы. Диагональная форма главной последовательности отображает движение от звезд с большей до звезд с меньшей массой. У звезд, расположенных в левом верхнем углу главной последовательности, масса больше, чем у Солнца, а у звезд в правом нижнем углу — меньше, чем у Солнца.

Астрономы обычно не отображают молодые звездные объекты на одной H–R-диаграмме с остальными звездами. Но если бы они это сделали, то YSO находились бы в правой части диаграммы, над главной последовательностью, но совсем не так высоко, как сверхгиганты. Нейтронные звезды и черные дыры слишком трудно различимы для того, чтобы помещать их на H–R-диаграммах, где отображают обычные звезды.

Интерпретация H–R-диаграммы

Еще немного объяснений — и вы, как заправский астрофизик, будете знать, почему все эти звезды попадают в различные части диаграммы. Исследователи потратили десятки лет, чтобы это понять, а вы с помощью книги *Астрономия для "чайников"* получите все объяснения на блюдечке с голубой каемочкой. Для простоты мы рассмотрим калиброванную H–R-диаграмму, на которой все звезды отображены в соответствии с их истинным блеском.

Попробуйте ответить на вопрос: почему одна звезда ярче или тусклее другой? Блеск звезды определяют два простых фактора — температура и площадь поверхности. Чем больше звезда, тем больше у нее площадь поверхности, и каждый квадратный сантиметр этой поверхности излучает свет. Таким образом, чем больше квадратных сантиметров поверхности, тем больше света. Но возникает также вопрос о количестве света, которое излучает данный квадратный сантиметр поверхности. Горячие звезды ярче холодных, поэтому чем горячее звезда, тем больше света излучает каждый квадратный сантиметр ее поверхности.

Ну как, все понятно? А теперь разложим все по полочкам, применив эти знания к различным типам звезд.

- ✓ **Белые карлики** находятся в нижней части диаграммы, потому что они очень малы. Имея очень малую площадь поверхности (по сравнению с нормальными звездами, такими как Солнце), они просто не могут светить очень ярко. По мере угасания они сдвигаются по H–R-диаграмме вниз (поскольку становятся более тусклыми) и вправо (поскольку становятся холоднее). Их немного в правой части H–R-диаграммы, потому что холодные белые карлики настолько тусклые, что они обычно оказываются уже под осью абсцисс, и астрономы не могут ни увидеть многие из них, ни оценить их параметры.
- ✓ **Сверхгиганты** находятся в верхней части H–R-диаграммы, потому что они очень велики. Красный сверхгигант иногда больше, чем в 1000 раз превышает размер Солнца, так что если поместить его на место Солнца, то он может протянуться за орбиту Юпитера. Естественно, что с такой площадью поверхности сверхгиганты светят очень ярко.

  То, что сверхгиганты находятся на диаграмме примерно на одинаковой высоте и слева, и справа, означает, что голубые сверхгиганты (расположенные слева) меньше красных (расположенные справа). Откуда нам это известно?

Голубые сверхгиганты потому голубые, что они горячее, а если они горячее, то каждый квадратный сантиметр их поверхности излучает больше света. Но, поскольку их звездные величины примерно одинаковы (все сверхгиганты находятся в верхней части диаграммы), у красных площадь поверхности должна быть больше. Только в этом случае они могут излучать такое же общее количество света, как и голубые, при том, что от каждого квадратного сантиметра поверхности красных исходит меньше света, чем у голубых.

- ✓ **Звезды главной последовательности** находятся на диагональной полосе, проходящей от верхнего левого угла диаграммы до правого нижнего, потому что у всех звезд главной последовательности происходит горение водорода в ядрах, независимо от их размера. Но различие в размерах звезд главной последовательности влияет только на то, где они находятся на H–R-диаграмме. Горячие звезды главной последовательности, которые находятся в левой части диаграммы, больше холодных звезд главной последовательности. Так что для горячих звезд главной последовательности характерны две особенности — у них больше площадь поверхности и каждый сантиметр их поверхности излучает больше света, чем у холодных звезд. А звезды главной последовательности, расположенные с правого края диаграммы, очень тусклые и холодные. Это красные карлики.

То, что звезды главной последовательности находятся посредине H–R-диаграммы, — вполне естественно, потому что все остальные звезды ярче или холоднее их (и, соответственно, находятся выше или ниже на диаграмме).

Двойные и кратные звезды

Около половины всех звезд двойные, причем эти двойные звезды — одного возраста, т.е. "рождены вместе". Звезды, которые рождаются вместе и которых во время образования из первичного облака объединяет взаимная гравитация, обычно так и остаются вместе. А то, что объединяет гравитация, мало что в космосе может разорвать. У "взрослой" звезды из двойной системы никогда не было другого партнера.

Физическая двойная звезда (binary star) состоит из двух звезд, вращающихся вокруг общего центра масс. Центр масс двух звезд, имеющих одинаковую массу, находится точно посредине между ними. Но если масса одной звезды в два раза больше массы другой, то центр масс находится ближе к звезде большей массы. Более того, он расположен в два раза дальше от звезды меньшей массы, чем от звезды большей массы. Если же одна звезда в три раза больше другой, то центр масс находится в три раза ближе к ней, чем к ее партнеру и т.д. Пару звезд можно сравнить с детьми на качелях (представьте себе доску, качающуюся на опоре). Чтобы уравновесить качели, более тяжелый ребенок должен сесть ближе к центру.

Если у звезд из двойной системы одинаковые массы, то их орбиты одинакового размера, а если массы разные, то и орбиты разные. Общее правило таково: бо́льшая звезда имеет меньшую орбиту. Вы можете решить, что двойная система звезд аналогична нашей Солнечной системе, в которой чем ближе планета к Солнцу, тем быстрее она движется и тем меньше времени ей требуется на то, чтобы совершить полный оборот вокруг Солнца. Идея, конечно, хороша, но увы, неправильная.

В двойных системах бо́льшая звезда, которая имеет меньшую орбиту, движется медленнее, чем меньшая звезда по бо́льшей орбите. Причем их относительные скорости зависят от соотношения масс. Звезда, масса которой в три раза меньше массы "партнера", движется в три раза быстрее. Таким образом, измеряя скорости движения звезд двойной системы по орбитам, астрономы могут определить их относительные массы.

Кратные звезды

Оптическая двойная звезда (double star) — это две звезды, который с точки зрения наблюдателя на Земле кажутся очень близкими одна к другой. Некоторые из них действительно являются физическими двойными звездами, вращающимися вокруг общего центра масс. Но некоторые просто кажутся расположенными рядом наблюдателю с Земли, но на самом деле находятся на большом расстоянии одна от другой. У таких звезд нет ничего общего; они даже "не знакомы".

Оптическая тройная звезда (triple star) — это три звезды, которые кажутся расположенными рядом и, как и в предыдущем случае, могут действительно быть членами *тройной звездной системы* (triple star system) или находиться очень далеко одна от другой. А тройная звезда, аналогично двойной, состоит из трех звезд, которых удерживает вместе взаимная гравитация и которые вращаются вокруг общего центра масс.

Здесь кстати может быть сравнение со счастливой супружеской жизнью. "Третий — лишний" — вот самое распространенное объяснение нестабильности романтических отношений, в которые вмешивается третий человек. То же самое верно и по отношению к тройной звезде: на самом деле она состоит из прочной пары (или двойной звезды) и третьей звезды, которая движется по гораздо большей орбите. Если бы все три звезды находились рядом, то их гравитационное взаимодействие носило бы хаотичный характер и группа очень быстро распалась бы так, что по меньшей мере одна звезда улетела бы, чтобы никогда не вернуться. Поэтому тройная звезда — это, в сущности, двойная система, один член которой на самом деле представляет собой очень прочную звездную пару.

Четверная звезда (quadruple stars) часто представляет собой систему "два на два", т.е. состоит из двух прочных двойных звездных систем, каждая из которых вращается вокруг общего для четырех звезд центра масс.

Кратная звезда (multiple star) — это собирательное название для всех звездных систем, в которых больше двух членов, т.е. для тройных, четверных звезд и т.д. И на каком-то этапе становится уже трудно различить звездную систему большой кратности от малого звездного скопления. Получается, что в сущности, это одно и то же.

Эффект Допплера, или Как важно быть двойной звездой

Зависимость орбитальных скоростей членов двойной звездной системы от их масс — вот что вызывает большой интерес к ним со стороны астрономов. У нас есть множество теорий о массах различных типов звезд, но мало способов их проверить. Что поделаешь, так мало способов взвесить звезду! Но, к счастью, астрономы так легко не сдаются. Они научились определять массу звезд, изучая двойные системы и используя простое физическое свойство наблюдаемого источника света.

Если масса одной звезды в три раза больше массы другой, то она движется по своей орбите в двойной системе со скоростью, в три раза меньшей скорости звезды-партнера. Поэтому, чтобы узнать относительные массы звезд (т.е. во сколько раз одна тяжелее другой), достаточно измерить их скорости. Только в очень редких случаях удается непосредственно следить за движением звезд, поскольку большинство двойных звезд настолько удалены, что мы не можем наблюдать за их перемещением по орбите. Но даже на большом расстоянии можно изучить спектр света, излучаемого двойной звездой. В этом спектре могут быть линии обеих звезд двойной системы.

А теперь давайте поговорим об эффекте Допплера, названного в честь физика XIX века Кристиана Допплера.

Частота, или длина волны, звука или света, регистрируемого наблюдателем, меняется в зависимости от скорости излучающего (или издающего) его источника по отношению к наблюдателю. Если говорить о звуке, то в качестве примера издающего его источника можно привести гудок паровоза. А источником, излучающим свет, может быть звезда. (О звуках бо

Коротко о спектроскопии звезд

Спектроскопия звезд — это анализ линий в спектре звезд. Это, без преувеличения, самый лучший инструмент астрономов для изучения физической природы звезд. С помощью спектроскопии можно определить следующее:

- ✓ радиальные скорости звезд (движения по направлению к Земле или от нее);
- ✓ относительные массы, орбитальные периоды и длины орбит звезд из двойных систем;
- ✓ силу тяжести на поверхности звезд;
- ✓ направления и напряженность магнитных полей звезд;
- ✓ химический состав звезд (атомы каких элементов присутствуют и в каких состояниях они находятся);
- ✓ циклы активности (т.е. пятнообразовательной деятельности) звезд (по аналогии с циклом солнечной активности).

Всю эту информацию получают, измеряя положение, ширину и интенсивность цвета (насколько он темный или светлый) маленьких темных (а иногда светлых) линий в спектре звезд. Ученые анализируют спектры звезд с помощью эффекта Допплера, чтобы узнать, насколько быстро движутся звезды, насколько протяженны их орбиты и каковы их относительные массы. Существуют и другие эффекты — Зеемана (Zeeman)[5] и Штарка (Stark)[6], которые влияют на внешний вид спектральных линий. Используя эти знания, с помощью *эффекта Зеемана* можно определить напряженность магнитного поля звезды, а с помощью *эффекта Штарка* — плотность атмосферы звезды и силу тяжести на ее поверхности. Само присутствие конкретных спектральных линий, каждая из которых соответствует атому определенного элемента, поглощающему (темные линии) или излучающему (светлые линии) свет в атмосфере звезды, говорит нам о присутствии некоторых химических элементов и температуре звезды.

Спектральные линии говорят даже о том, в каком состоянии находятся атомы, *ионизированы* ли они. Звезды настолько горячи, что атомы железа, например, могут лишиться одного или нескольких своих электронов. Тогда они превращаются в ионы железа. Для каждого типа ионов железа, в зависимости от того, скольких электронов он лишился, характерны особые узоры спектральных линий и положение в спектре. Сравнивая спектры звезд, полученные с помощью телескопов, со спектрами химических элементов и ионов, полученными в результате лабораторных экспериментов или вычисленными на компьютерах, астрономы могут изучать характеристики звезд, находящихся на огромных расстояниях от Земли.

В холодных звездных газах многим атомам железа недостает только одного электрона, поэтому они создают спектр однократно ионизированного железа. Но в самых горячих зонах звезд, таких как солнечная корона, температура которой достигает миллионов градусов, атомы железа могут терять 10 электронов. Это значит, что железо находится в высоко ионизированном состоянии; оно создает соответствующий рисунок спектральных линий, который ясно говорит о том, что в этой зоне звезды очень высокая температура.

Некоторые участки солнечного спектра меняются в зависимости от изменения районов возмущений на Солнце, причем пик этих возмущений наблюдается каждые 11 лет. Аналогичные изменения происходят в спектре других солнцеподобных звезд. Поэтому с помощью спектроскопии астрономы могут даже определить продолжительность цикла активности далекой звезды, причем настолько далекой, что нечего и мечтать хоть краешком глаза увидеть пятна на ее поверхности.

---

[5] *Питер Зееман — нидерландский физик (1865–1943). В 1902 году получил Нобелевскую премию по физике. Открыл эффект магнитного расщепления, который заключается в следующем: магнитное поле, приложенное к светящемуся газу, расщепляет каждую из его спектральных линий на три или больше линий, расположенных почти вплотную.*

[6] *Йоханнес Штарк — немецкий физик (1957–1919). В 1919 году получил Нобелевскую премию по физике "за открытие эффекта Доплера в канальных лучах и расщепления спектральных линий в электрических полях".*

лее высокой частоты говорят, что они высокие; например, сопрано — это более высокий голос, чем тенор. У световых волн более высокой частоты длина волны меньше, и они смещены в фиолетовую область спектра, в то время как у световых волн более низкой частоты длина волны больше, и они смещены в красную область спектра.)

Эффект Допплера заключается в следующем.

- ✓ Если источник движется по направлению *к вам*, то частота повышается, поэтому:
  - кажется, что высота звука гудка поезда выше;
  - свет звезды кажется более голубым.
- ✓ Если источник движется *от вас*, то частота понижается, поэтому:
  - кажется, что высота звука гудка поезда ниже;
  - свет звезды кажется более красным.

Гудок паровоза — это стандартный пример, который приводили для объяснения эффекта Допплера многим поколениям школьников и студентов, даже если их это иногда совершенно не интересовало. Но где сейчас услышишь гудок паровоза?

Возможно, более близкая аналогия — ощущение морских волн при движении на моторной лодке. Когда от берега вы движетесь в том направлении, откуда приходят волны, то чувствуете, что лодка быстро качается под ударами волн. Но когда вы направляетесь обратно к берегу, качка заметно уменьшается. В первом случае вы двигались навстречу волнам, сталкиваясь с ними раньше, чем это произошло бы, будь вы неподвижны. Поэтому частота ударов волн о лодку была выше, чем в случае, когда лодка находится в покое.

В спектре звезды есть несколько темных линий. Эти линии указывают на поглощение света различными атомами в атмосфере звезды. Так формируются узнаваемые спектральные рисунки. И когда звезда движется по орбите, эффект Допплера заставляет эти узоры линий перемещаться по спектру.

Поэтому, изучая спектры двойных звезд и наблюдая, как по мере движения звезд по орбитам их спектральные линии смещаются из красной области спектра в фиолетовую и обратно, астрономы могут сказать, насколько быстро они движутся и каковы их относительные массы. И отмечая, сколько времени требуется спектральной линии, чтобы достичь своего крайнего положения в красной области спектра, затем — крайнего положения в фиолетовой области спектра и, наконец, снова вернуться в красную область, можно определить продолжительность движения двойной звезды по орбите.

Если вы знаете, что полный оборот по орбите занимает, например, 60 дней, и знаете скорость движения звезды, то можете вычислить длину окружности орбиты, а значит, и радиус этой окружности.

Переменные звезды

Увы, не все звезды, как говорил Шекспир, так же "постоянны, как Полярная". Но на самом деле Полярная звезда вовсе не постоянна. Это переменная звезда, т.е. такая, блеск которой время от времени меняется. В течение многих лет астрономы думали, что они знают причину изменений блеска Полярной звезды. Казалось, она становилась немного ярче, а затем немного тусклее, и все это повторялось снова и снова. Но затем ожидаемые изменения, хм!, тоже изменились. Это изменение закономерности может означать произошедшее со временем физическое изменение, и в настоящее время ученые пытаются понять, что это означает.

Переменные звезды делятся на два основных типа.

- ✓ *Физические переменные звезды* (intrinsic variable stars) — те, изменение блеска которых вызвано физическими процессами, происходящими в самих звездах. Они подразделяются на три основные категории:
  - пульсирующие звезды;
  - вспыхивающие звезды;
  - эруптивные (взрывные) звезды.
- ✓ Существуют также переменные звезды (extrinsic variable stars), изменение блеска которых вызвано какими-то внешними причинами. Они подразделяются на две основные категории:
  - затменные звезды;
  - звезды с эффектом микролинзирования.

Пульсирующие звезды

Пульсирующие звезды расширяются и сжимаются, становясь больше и меньше, горячее и холоднее, ярче и тусклее. Физические свойства этих звезд таковы, что они просто переходят из одного состояния в другое и обратно, как будто совершают некие колебания или пульсируют, совсем как бьющиеся в небе сердца.

Переменные звезды-цефеиды

Самые важные для науки пульсирующие звезды — это цефеиды, названные в честь первой изученной звезды такого типа, Дельты Цефея (δ Цефея).

Американский астроном Генриетта Ливитт обнаружила, что у цефеид существует *зависимость между периодом изменения блеска и светимостью* (period-luminosity relation). Этот термин означает, что, чем дольше период изменения блеска (интервал между последовательными пиками блеска), тем выше средний истинный блеск звезды. Поэтому, если измерять видимую звездную величину переменной звезды-цефеиды по мере ее изменения с течением дней и недель и затем определить период изменения блеска, то можно легко вычислить истинный блеск звезды.

Зачем это нужно? А затем, что, зная истинный блеск звезды, можно определить расстояние до нее. Ведь чем дальше звезда, тем более тусклой она выглядит, но это все та же звезда с тем же истинным блеском.

Удаленные тусклые звезды подчиняются *закону обратных квадратов* (inverse square law). Это значит, что если звезда в 2 раза дальше, то она выглядит в 4 раза более тусклой. А если звезда в 3 раза дальше, то она выглядит в 9 раз тусклее. Если же звезда в 10 раз дальше, то она выглядит в 100 раз более тусклой.

Недавно в СМИ появились сообщениях о том, что с помощью космического телескопа "Хаббл" удалось определить масштабы и возраст Вселенной. На самом деле это результат исследования с помощью телескопа "Хаббл" переменных звезд-цефеид. Эти цефеиды находятся в далеких галактиках. Но, наблюдая за изменением их блеска и используя зависимость между периодом изменения блеска и светимостью, астрономы определили расстояние до этих галактик.

Звезды типа RR Лиры

Звезды типа RR Лиры подобны цефеидам, но они не такие большие и яркие. Некоторые из них расположены в шаровом звездном скоплении в нашей галактике Млечный Путь, и у них тоже существует зависимость между периодом изменения блеска и светимостью.

Шаровые скопления — это огромные сферические образования, заполненные старыми звездами, рожденными еще в период формирования Млечного Пути. Это участки космоса шириной всего лишь 60–100 световых лет, в которых "упаковано" от нескольких сотен тысяч до миллиона звезд. Наблюдая за изменением блеска звезд типа RR Лиры, астрономы могут оценить расстояние до таких звезд. А если эти звезды находятся в шаровых скоплениях, то можно определить расстояние до этих шаровых скоплений.

Почему так важно знать расстояние до звездного скопления? А вот почему. Все звезды, расположенные в одном скоплении, образовались одновременно из общего облака. И все они расположены примерно на одинаковом расстоянии от Земли, поскольку находятся в одном и том же скоплении. Поэтому, когда ученые строят H–R-диаграмму для звезд из скопления, в ней не будет ошибок, вызванных разницей расстояний до различных звезд. А если мы знаем расстояние до звездного скопления, то все нанесенные на диаграмму значения звездных величин можно преобразовать в светимость, т.е. в интенсивность излучения звездой энергии в секунду. И эти значения можно непосредственно сравнить с теоретическими данными. Именно этим и занимаются астрофизики.

Долгопериодические переменные звезды

В то время как астрофизики обрабатывают информацию, полученную от цефеид и переменных звезд типа RR Лиры, астрономы-любители наслаждаются наблюдением долгопериодических переменных звезд, так называемых переменных звезд типа Мира Кита. Мира — это другое название звезды Омикрон Кита (о Кита), первой известной звезды данного типа.

Переменные звезды типа Миры Кита пульсируют, как цефеиды, но у них намного большие периоды изменения блеска, в среднем 10 месяцев и больше, и, кроме того, у них больше амплитуда изменения блеска. Когда блеск Миры Кита достигает максимального значения, ее можно увидеть невооруженным глазом, а когда блеск минимален, необходим телескоп. Изменение блеска долгопериодических звезд также происходит гораздо нерегулярнее, чем у цефеид. Максимальная звездная величина, которой достигает некоторая звезда, может очень сильно меняться от одного периода к другому. Наблюдения таких звезд, проводить которые совсем нетрудно, позволяют ученым получить важную научную информацию. И вы тоже можете внести свой вклад в исследование переменных звезд (более подробно я расскажу об этом в последнем разделе данной главы).

Вспыхивающие звезды

Вспыхивающие звезды — это маленькие красные карлики, на которых происходят сильные взрывы, подобные вспышкам на Солнце, но только более мощные. Большинство вспышек на Солнце нельзя увидеть без помощи специальных цветных фильтров, поскольку свет от вспышки — это всего лишь крохотная доля общего света Солнца. Только очень редкие крупные вспышки "белого света" можно увидеть на Солнце без специального фильтра. (Но попрежнему необходимо использовать метод проекции или фильтр для безопасного наблюдения, о чем подробно говорилось в главе 10.) Но взрывы на вспыхивающих звездах настолько яркие, что при этом заметно изменяется звездная величина звезды в целом. Не для всех красных карликов характерны эти частые взрывы, но, например, Проксима Центавра, ближайшая к нашему Солнцу звезда, — вспыхивающая.

Взрывные звезды: сверхновые и катастрофические переменные

Взрывы новых и сверхновых звезд настолько сильны, что я не хочу смешивать их со вспыхивающими звездами.

Новые звезды

Новые звезды взрываются после постепенного накопления вещества на белом карлике, входящем в состав двойной звездной системы, как на сверхновых типа Ia, о которых уже говорилось в этой главе. Но только в данном случае белый карлик не разрушается. Во время взрыва он просто сбрасывает накопившуюся верхнюю оболочку, затем возвращается в первоначальное "спокойное" состояние и снова начинает получать вещество от своего "партнера" по двойной системе, накапливая его на поверхности. Мощная гравитация белого карлика сжимает и нагревает этот поверхностный слой и по прошествии столетий или тысячелетий снова сбрасывает его! По крайней мере теория именно такова. Увы, еще никому не удавалось прожить так долго, чтобы дважды увидеть взрыв обычной, или *классической*, новой звезды. Но существуют аналогичные двойные системы, взрывы в которых не такие мощные, как у классических новых звезд, но зато они повторяются достаточно часто, так что астрономы-любители могут наблюдать за ними, объявить об открытии нового взрыва и вдохновить профессиональных астрономов на изучение данного явления. Эти объекты известны под разными названиями, такими как *карликовая новая звезда* (dwarf nova) и *системы типа AM Геркулеса*[7] (AM Herculis systems).

Классические новые звезды, карликовые новые звезды и подобные им объекты имеют собирательное название *катастрофические переменные звезды* (cataclysmic variables).

Существуют достаточно яркие новые звезды, которые можно увидеть невооруженным глазом примерно раз в 10 лет (± пару лет). Я изучал одну такую из созвездия Геркулеса во время работы над докторской диссертацией в 1963 году. Если бы она не взорвалась как раз в нужный момент, то, возможно, мне пришлось бы искать другую тему диссертации. А совсем недавно, в 1999 году, астрономы обнаружили яркую новую звезду в созвездии Парусов.

Сверхновые звезды

Сверхновые звезды, взрываясь, выбрасывают в космическое пространство большую часть своей массы. Из этого вещества формируется туманность, называемая *остатками сверхновой* (supernova remnants), и эти остатки на огромной скорости разлетаются во всех направлениях (рис. 11.5). Туманность сначала состоит из вещества взорвавшейся звезды, но никак не из вещества того, что после нее осталось, т.е. центрального объекта, будь то нейтронная звезда или черная дыра. Но по мере перемещения в космическом пространстве эта туманность подбирает по пути межзвездный газ, точно так же как лопасть снегоочистителя собирает снег. Так что через несколько тысяч лет остатки сверхновой состоят из собранного по пути газа в большей степени, чем из осколков взорвавшейся звезды.

Сверхновые звезды невероятно яркие, но это довольно редкое явление. По оценкам астрономов, в галактике Млечный Путь сверхновая появляется каждые 25–100 лет, но мы не были свидетелями вспышки сверхновой в своей родной галактике со времени Звезды Кеплера в 1604 году, еще до изобретения телескопа. Вероятно, были и другие случаи, но вспышки скрывали пылевые облака галактики. Огромная южная звезда η Киля выглядит так, как будто она вот-вот станет сверхновой галактики Млечный Путь. Но имейте в виду, что "вот-вот" на языке астрономов означает, она может взорваться в любой момент — в пределах следующего миллиона лет.

---

[7] *Названы по имени звезды, рассматриваемой как прототип этого класса.*

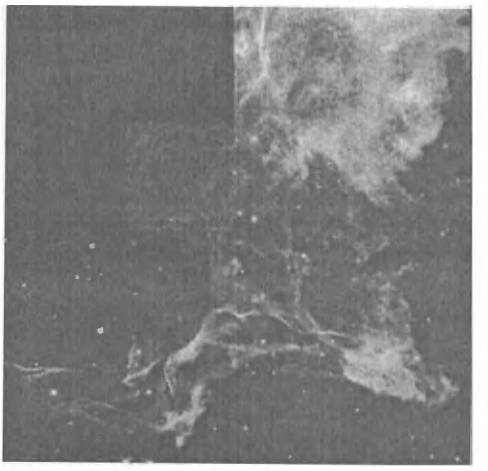


Рис. 11.5. Часть Петли Лебедя, остатка сверхновой
Фотография любезно предоставлена NASA

Затменно-двойные звезды

Затменно-двойные звезды — это двойные системы, блеск которых не меняется (если только одна из двух звезд не окажется пульсирующей, вспыхивающей или переменной звездой другого типа), но которые наблюдателю на Земле кажутся переменными звездами. Причина в том, что орбитальная плоскость этой системы — т.е. плоскость, в которой лежат орбиты обеих звезд двойной системы, — ориентирована таким образом, что в ней лежит также линия прямой видимости двойной системы с Земли.

Если орбитальные периоды обеих звезд двойной системы равны 4 дням, то каждые 4 дня более массивная звезда этой системы, обычно называемая "A", проходит прямо перед другой звездой, с точки зрения наблюдателя с Земли. Это преграждает путь к нам всему свету или большей его части, идущему от звезды "B" (в зависимости от того, звезда "B" больше или меньше звезды "A"; иногда менее массивная звезда больше своего более тяжелого партнера), поэтому двойная звезда выглядит более тусклой. Такое явление называется *звездным затмением*. А спустя 2 дня после этого затмения звезда "B" пройдет перед звездой "A", и снова произойдет затмение.

В разделе "Двойные и кратные звезды" я упоминал о том, как с помощью орбитальных скоростей оценить массы звезд. Оказывается, таким способом можно также узнать диаметры звезд. Анализируя спектр, ученые определяют, насколько быстро звезды движутся по орбите, с помощью эффекта Допплера. Можно измерить также продолжительность затмений в затменно-двойных системах. Затмение звезды "B" начинается, когда ведущий край звезды "A" начнет проходить перед ней. А закончится оно, когда ведомый край звезды "A" закончит прохождение перед звездой "B". Поэтому, умножив орбитальную скорость на продолжительность затмения, получим размеры звезды "A". Замечу, что во всех этих методах детали несколько сложны, но основные принципы можно понять без труда.

Самая знаменитая затменно-двойная звезда — это Бета Персея (β Персея), известная также как Алголь, или Звезда Демона (Глаз Дьявола).

Если вы живете в Северном полушарии, то, наблюдая затмения Алголя, получите массу удовольствия. Это яркая звезда, расположенная в небе так, что ее очень удобно наблюдать осенью в небе Северного полушария. Ее затмения можно увидеть без телескопа и даже без бинокля. Каждые 2 дня и 21 час блеск Алголя примерно на 2 часа снижается на значение чуть больше одной звездной величины — больше, чем в 2,5 раза. Но нужно знать, когда наблюдать это затмение. Нельзя же торчать на улице почти три дня. Поэтому постарайтесь найти информацию об этом в астрономических журналах или на Web-сайтах.

Минимум (minima) — это время, когда переменные звезды достигают наименьшего блеска в текущем цикле, а *максимум* (maxima) — время, когда блеск достигает наибольшего значения.

Микролинзирование

Иногда звезда, которая находится далеко от Земли, проходит точно перед другой звездой, которая находится еще дальше. Эти две звезды совершенно не связаны, и могут быть на расстоянии тысяч световых лет одна от другой. Но гравитация звезды, проходящей впереди, искривляет лучи света, идущие от звезды сзади, так что эта далекая звезда в течение нескольких дней или недель кажется нам, на Земле, гораздо более яркой. Этот эффект следует из общей теории относительности Эйнштейна и действительно подтверждается практикой, так как регулярно наблюдается. Он называется *гравитационным линзированием* (gravitational lensing). Когда "линза" или тело, гравитация которого искривляет световые лучи, — это просто звезда, данный эффект называют *микролинзированием* (microlensing). А когда лучи искривляет гравитация целой галактики или еще более масштабного объекта, то слово *линзирование* (lensing) употребляют без приставки "микро".

Вы, наверное, думаете: очень маловероятно, чтобы две никак не связанные между собой звезды идеально выравнивались на одной линии с Землей, и вы правы! Поздравляю вас, прекрасная мысль. Чтобы регулярно обнаруживать такое редкое явление, астрономы используют цифровые фотоаппараты для телескопов, которые могут снимать от сотен тысяч до миллионов звезд одновременно. Когда под наблюдением находится так много звезд, какая-нибудь звезда на переднем плане время от времени проходит перед одной из них, хотя мы даже не знаем, перед какой.

Все дело в том, чтобы направить телескоп в район неба, где в поле зрения одновременно находится огромное количество звезд. К таким районам относятся Большое Магелланово Облако (ближайшая галактика к Млечному Пути) и центральная выпуклость самого Млечного Пути, где находится целое море звезд.

Наши звездные соседи

Я уже упоминал о Проксиме Центавра, ближайшей к нашему Солнцу звезде. Это третья, или самая внешняя, звезда тройной звездной системы Альфа Центавра.

- ✓ Альфа Центавра — яркая звезда южного созвездия Центавра (рис. 11.6). Это звезда типа *G*, карлик главной последовательности; ее цвет почти такой же, как у Солнца, но она немного ярче.
- ✓ Оранжевый партнер Альфы Центавра — карлик под названием Альфа Центавра B, который чуть меньше и холоднее.
- ✓ Маленький красный карлик и одновременно вспыхивающая звезда — это Альфа Центавра C, которая называется Проксима.

Рис. 11.6. Альфа Центавра светит в далеком южном небе

Система Альфа Центавра находится на расстоянии примерно 4,4 световых года от Земли, а ближайшая к нам Проксима — на расстоянии примерно 4,2 световых года.

Сириус — самая яркая звезда в ночном небе. Его официальное название — Альфа Большого Пса (рис. 11.7), т.е. он находится в созвездии Большого Пса. Сириус, который расположен чуть южнее небесного экватора, легко увидеть из большинства населенных пунктов Земли, хотя он находится на расстоянии 8,5 световых года. Это белая звезда типа *A* главной последовательности. Сириус настолько ярок, что люди часто спрашивают друг друга: "Что это за большая звезда?"

Рис. 11.7. Сириус – хозяин положения в созвездии Большого Пса

Как у большинства звезд, если не считать Солнца, у Сириуса есть партнер, белый карлик Сириус B. Сириус называют еще Собачьей звездой, и когда был обнаружен его маленький партнер Сириус B, то его совершенно естественно назвали "Щенком".

Существует легенда и некоторые письменные источники (их можно трактовать по-разному), в которых говорится о том, что несколько тысяч лет назад Сириус выглядел красной звездой. Но несмотря на приложенные усилия, астрофизикам не удалось объяснить этот цвет с точки зрения известных физических процессов, поэтому обычно мы говорим, что этого не было.

Вега — это Альфа Лиры, т.е. самая яркая звезда в созвездии Лиры. В умеренных северных широтах летними ночами она видна высоко в небе. Это звезда, которую каждый уважающий себя астроном-любитель знает как свои пять пальцев. Находящаяся на расстоянии примерно 26 световых лет от Земли, эта сверкающая белая звезда считается одной из самых ярких звезд на небе.

Бетельгейзе находится не совсем в окрестностях Солнца, поскольку до нее почти 500 световых лет. Но, тем не менее, всем знакомо ее название, и наблюдающие ее наслаждаются ее насыщенным красным цветом. Это красный сверхгигант, который примерно в 50 тысяч раз ярче Солнца. Хотя Бетельгейзе — это, формально, Альфа Ориона, самой яркой звездой созвездия Ориона считается Ригель (Бета Ориона).

Как помогать ученым наблюдать звезды

Под пристальным наблюдением астрономов находятся тысячи звезд — те, блеск которых меняется, или те, которые демонстрируют какие-то другие особые свойства. Профессиональные астрономы не в состоянии следить за всеми ними, вот тут-то вы им и пригодитесь. Вы можете следить за некоторыми звездами невооруженным глазом, с помощью бинокля или телескопа.

Для этого вы должны уметь распознавать звезды и оценивать их блеск. Блеск многих звезд меняется так сильно — в два, десять или в сотни раз, — что даже оценки невооруженным глазом оказываются достаточно точными, чтобы таким способом следить за этими звездами. Самое главное — использовать *сравнительную диаграмму* (comparison chart), т.е. карту звездного неба, на которой отмечено положение переменной звезды, а также положения и звездные величины *звезд сравнения* (comparison stars). В качестве последних необходимо выбирать звезды, блеск которых известен и не меняется.

На Web-сайте Американской Ассоциации наблюдателей переменных звезд (American Association of Variable Star Observers — AAVSO) предлагается множество информации и советов о том, как наблюдать переменные звезды. Этот сайт находится по адресу `www.aavso.org`. Здесь предлагают помощь новичкам, а также сравнительные диаграммы для различных переменных звезд. Эти диаграммы можно загрузить с Web-сайта AAVSO бесплатно.

AAVSO руководит также поиском новых и сверхновых звезд. Когда вы приобретете некоторые знания и опыт наблюдения небесных объектов, то тоже сможете присоединиться к этим программам.

- ✓ **Поиск новых (Nova Search).** Для участия в этой программе требуется только терпение, внимательность и бинокль. Когда вы присоединитесь к программе, вам выделят небольшой участок неба. И затем ясными ночами, так часто, как сможете, вы будете проверять вверенный вам участок. Медленно просматривайте его в бинокль, сверяясь с рисунком звезд на вашей звездной диаграмме.

  Если вы обнаружите "новую", которой нет на вашей диаграмме, сообщите о своем открытии как можно быстрее, желательно по электронной почте. Возможно, вы действительно открыли *новую*, т.е. взрыв в двойной звездной

системе определенного типа. Но все-таки стоит подождать несколько часов, чтобы проверить, не движется ли эта "новая". Если она слегка перемещается относительно других звезд в поле зрения, то это вовсе не звезда. Возможно, это астероид или неяркая комета. Могут быть и ошибки другого рода. В начале 1950-х годов мы с моим другом Чарли отправили телеграмму в AAVSO, сообщая об открытии новой, поскольку она не перемещалась и ее не было на диаграмме. Но увы, фортуна отвернулась от нас: это оказалась звезда, которую случайно не отметили на диаграмме.

- ✓ **Поиск сверхновых (Supernova Search).** Эта программа — для опытных астрономов-любителей. Возможно, через несколько лет практики вы будете готовы принять в ней участие. Для таких наблюдений необходим хороший телескоп. И желательно иметь цифровой фотоаппарат, чтобы фотографировать через телескоп. Вместо того чтобы следить за взрывами новых на участке неба в нашей собственной галактике Млечный Путь, вы будете по одной исследовать далекие галактики в поисках яркого пятна, которое может внезапно появиться там, где в прошлый раз ничего такого не было. Яркое пятно — это и есть *сверхновая*. Сверхновую легко увидеть, хотя она находится в далекой галактике, поскольку она гораздо ярче новой.

Глава 12

Млечный Путь и другие галактики

В этой главе...

- Млечный Путь, его звездные скопления и туманности
- Классификация галактик по форме и размеру
- Группы и скопления галактик
- Сверхскопления, Великие Стены и космические пустоты

Наша Солнечная система — это крошечная часть галактики Млечный Путь, огромной системы из сотен миллиардов звезд, тысяч туманностей и сотен звездных скоплений. Млечный Путь, в свою очередь, это один из крупных элементов Местной Группы Галактик. За пределами Местной Группы находится Скопление Девы (Virgo Cluster), ближайшее крупное скопление галактик, расположенное на расстоянии 50 миллионов световых лет от Земли. Когда ученые заглядывают во Вселенную на такие большие расстояния, они видят сверхскопления, т.е. колоссальные системы, содержащие множество отдельных скоплений галактик. Сверхскопления сверхскоплений пока не обнаружены, но зато существуют *Великие Стены*, представляющие собой протяженные на невероятные расстояния сверхскопления. И, похоже, значительная часть Вселенной занята космическими пустотами (cosmic voids), в которых есть незначительное количество обнаружимых галактик.

В этой главе вы познакомитесь с галактикой Млечный Путь и ее самыми важными элементами, а затем мы будем продвигаться все дальше и дальше в космос, чтобы познакомиться с другими типами галактик и узнать, как они расположены в космосе.

Млечный Путь — наш галактический дом

Ясной летней или зимней ночью вы наверняка видели широкую полосу, протянувшуюся через все небо. Это и есть Млечный Путь.

"Молочная река, текущая через Вселенную". Что ж, такая трактовка Млечного Пути была не лучше и не хуже других до 1610 года, когда Галилей разглядел его в телескоп. Он обнаружил, что Млечный Путь не имеет с молоком ничего общего; что он состоит из колоссального количества тусклых звезд, которые объединяются в одно огромное расплывчатое облако. Таким образом, телескоп позволил значительно продвинуться в деле изучения космоса в целом и Млечного Пути в частности.

Как я объясняю в этой главе, галактики — это основные структурные элементы ("кирпичики") Вселенной, и Млечный Путь среди них — "кирпичик" очень приличного размера. Он содержит почти все, что можно увидеть невооруженным глазом, и очень много такого, что увидеть нельзя, — от Земли и Солнечной системы до звезд из окрестностей Солнца, видимых звезд созвездий и всех звезд, которые вместе создают в ночном небе картину молочной реки. Помимо этого, Млечный Путь содержит почти все туманности, которые можно увидеть без телескопа, и множество других, которые невооруженным глазом увидеть не получится.

Млечный Путь — это большая галактика! Помимо отдельных звезд, он содержит сотни звездных скоплений, таких как Плеяды и Гиады в созвездии Тельца, а также множество других.

Какая форма у Млечного Пути

Млечный Путь — это спиральная галактика. Она содержит состоящую из миллиардов звезд структуру в форме блина (*галактический диск*, galactic disk), у которой есть спиральные рукава (или ветви). По форме эти рукава можно сравнить со струями воды, вылетающими из вращающейся системы для поливки газонов. В них множество ярких, молодых, голубых и белых звезд и газовых облаков. Спиральные рукава галактического диска усеяны группами молодых горячих звезд (которые называются *ассоциациями*, associations); здесь много также светлых и темных туманностей. Между рукавами находятся *межрукавные пространства* (увы, не все астрономические термины удачны и легки для запоминания).

Где и когда лучше наблюдать Млечный Путь

В былые времена все видели и знали Млечный Путь, но теперь все изменилось. Сегодня многие люди не видят и не знают его, потому что живут в городах или пригородах, где яркие огни мешают хорошей видимости Млечного Пути.

Чтобы увидеть Млечный Путь без "светового загрязнения" (уличным освещением и т.д.), нужно во время отпуска отправиться в горы или на море. Там небо будет намного темнее, чем в городе, и вы сможете в полной мере насладиться невыразимой красотой космоса! Полная Луна тоже мешает наблюдению Млечного Пути, поэтому постарайтесь так спланировать свой отпуск, чтобы это было время новолуния, когда лунного света мало или совсем нет. Млечный Путь лучше всего виден в небе летом и зимой и хуже всего — весной и осенью.

А что за Млечным Путем?

Три объекта за пределами Млечного Пути, которые легко увидеть невооруженным глазом, — это Большое и Малое Магеллановы Облака, две соседние галактики, которые можно увидеть в Южном полушарии, и галактика Андромеды (или туманность Андромеды). Некоторые люди, которым повезло с хорошим зрением (и многие другие, которые просто пытаются произвести впечатление на друзей), утверждают, что видят также галактику Треугольник. И галактика Андромеды, и галактика Треугольник находятся примерно в двух миллионах световых лет от Земли, но первая гораздо больше и ярче.

Я считаю Большое Магелланово Облако единым объектом, но на самом деле оно содержит огромную яркую туманность Тарантул, которую тоже можно увидеть невооруженным глазом. В течение нескольких месяцев 1997 года в Большом Магеллановом Облаке была видна яркая сверхновая 1987A.

В центре нашей галактики находится место, которое называется (как вы уже догадались) *галактическим центром* (galactic center). А в самом центре (т.е. в центре этого центра) — *галактическая выпуклость* (или *балдж*) (galactic bulge). Это приблизительно сферическое образование, состоящее из миллионов, в основном, оранжевых и красных звезд. Вообще форму нашей галактики можно сравнить с двумя яичницами, сложенными желтками наружу; белок — это галактический диск, а образующие сферическую структуру желтки, — выпуклость в центре диска. Это форма летающей тарелки, которую можно примерно получить, если сложить два блюдца выпуклостями наружу. Надеюсь, я объяснил достаточно понятно и вы представили себе форму этого гигантского космического объекта. Тогда остается добавить, что в центре нашей галактики находится сверхмассивная черная дыра — Стрелец A* (Sagittarius A*). На рис. 12.1 показана структура Млечного Пути и его компоненты.

Плоская воображаемая поверхность, или срединная плоскость, галактического диска называется *галактической плоскостью* (galactic plane). Если мысленно продолжить эту плоскость до пересечения с небесной сферой (с точки зрения наблюдателя на Земле), то получим окружность, которую называют *галактическим экватором* (galactic equator).

Рис. 12.1. Млечный Путь – это спиральная галактика с рукавами, вращающимися вокруг галактического центра

Иногда положение небесного объекта дается в галактических координатах, а не с помощью прямого восхождения и склонения (об этих координатах подробно говорилось в главе 1). Галактические координаты — это *галактическая широта* (Galactic Latitude), измеряемая в градусах в направлении на север или на юг от галактического экватора, и *галактическая долгота* (Galactic Longitude), измеряемая в градусах вдоль галактического экватора.

Точка отсчета галактических долгот — направление на галактический центр, который проектируется на 27-й градус Стрельца. В этой точке долгота равна нулю. (На самом деле нулевая отметка галактической долготы немного смещена от галактического центра. Дело в том, что в 1959 году считали, что галактический центр находится именно в этом месте. Но теперь мы знаем гораздо больше.) Отметки галактической долготы проходят вдоль галактического экватора от созвездия Стрельца до Орла, Лебедя и Кассиопеи; затем идут через созвездия Возничего, Большого Пса, Киля и Центавра, и так до долготы 360°, т.е. обратно к галактическому центру. Если вы посмотрите в бинокль на созвездия, которые я только что перечислил, то увидите больше звезд, звездных скоплений и туманностей, чем в любом другом месте неба.

Как оказывается, созвездия, которые пересекает галактическая плоскость, — одни из самых прекрасных в небе.

Где находится Млечный Путь

Если вы думаете, что Млечный Путь находится на некотором расстоянии от Солнца и Земли, то вы ошибаетесь. И Солнце, и Земля сами входят в Млечный Путь. Но галактический центр находится на расстоянии примерно 25 тысяч световых лет от Земли. Последние измерения с помощью радиотелескопа Very Long Baseline Array показали, что Солнечной системе требуется около 226 миллионов лет, чтобы совершить один оборот вокруг галактического центра. С помощью этой информации было устранено большое расхождение в цифрах: до сих пор ученые не знали точной продолжительности галактического года; по разным оценкам, она составляла 200 или 250 миллионов лет. А теперь астрономы могут правильно устанавливать календари. Окраины галактики поклонники научной фантастики называют *га-*

лактическим ободом (galactic rim). Диск Млечного Пути — во многом и есть та "молочная полоса", которую мы видим в небе.

Млечный Путь находится примерно в 169 тысячах световых лет от Большого Магелланова Облака, в 2 миллионах световых лет от Андромеды и примерно в 50 миллионах световых лет от ближайшего большого скопления галактик, Скопления Девы. Он также находится прямо посредине маленького скопления галактик (упоминаемые размеры, конечно, относительны) — Местной Группы. Обо всех этих объектах я расскажу в этой главе.

Как и когда сформировался Млечный Путь

Млечный Путь, вероятно, почти так же стар, как Вселенная. Ему наверняка больше 12 миллиардов лет; по оценкам ученых, именно таков возраст некоторых самых старых из его звезд, причем, по другим оценкам, некоторые звезды еще старше. Увы, никто из тех, кого мы знаем, не был свидетелем его рождения. В то время даже Земли еще не существовало, поэтому оценки очень приблизительны.

Форма и размеры Млечного Пути обусловлены действующими во Вселенной законами гравитации. Давным-давно под воздействием гравитации гигантское облако первичного газа собралось воедино и начало сжиматься. Когда небольшие сгустки внутри этого облака сжимались еще быстрее, чем все облако в целом, формировались звезды. Большое облако начинает вращаться очень медленно, но, по мере уменьшения, его вращение ускоряется, происходит уплощение его формы и получается нынешняя форма спирального диска. И вот вам Млечный Путь!

Если у вас есть другая теория на сей счет, попробуйте сами стать астрономом и, быть может, однажды вы напишете собственную книгу.

Звездные скопления

Звездные скопления (star clusters) — это просто группы звезд, расположенных внутри и вокруг галактики. Это не случайные группы, поскольку они вместе сформировались из общего облака и, в большинстве случаев, удерживаются вместе силами гравитации.

Существует три основных типа звездных скоплений: открытые скопления, шаровые скопления и OB-ассоциации.

Великолепные изображения звездных скоплений можно найти на Web-сайте Англо-австралийской обсерватории по адресу `www.aao.gov.au`. Можно также обратиться к книге David Malin, *The Invisible Universe* (Bulfinch Press, 1999), в которой собрана коллекция прекрасных фотографий из этой обсерватории.

Открытые скопления

Открытые скопления (open clusters) содержат от десятков до тысяч звезд, не имеют определенной формы и расположены на диске галактики Млечный Путь. Ширина типичного звездного скопления — 30 световых лет. В отличие от шаровых скоплений, у них нет высокой концентрации звезд по направлению к центру (если такая концентрация есть вообще) и обычно они намного моложе. Это прекрасные объекты для наблюдения в малые телескопы и бинокли, и некоторые из них можно увидеть невооруженным глазом.

Рассмотрим самые знаменитые и легко видимые открытые скопления в Северном полушарии.

- ✓ Плеяды, расположенные в северо-западной части созвездия Тельца.

  Если на Плеяды, известные также как Семь Сестер, смотреть невооруженным глазом, то они похожи на крошечный ковшик. Вы можете оценить остроту своего зрения по тому, сколько звезд сумеете сосчитать в Плеядах. Заметим, что это 45-й объект каталога Мессье, M45 (о каталоге Мессье говорилось в главе 1). Затем посмотрите на Плеяды в бинокль и снова посчитайте количество звезд, которые вы видите. Самая яркая звезда в созвездии Плеяд — Эта Тельца (η Тельца) 3-й звездной величины, известная также под именем Альциона. (Если вы забыли, что такое звездная величина, обратитесь к главе 1.)

- ✓ Гиады, также расположенные в созвездии Тельца.

  Это также прекрасный объект для наблюдения невооруженным глазом. В него входит большинство звезд, составляющих букву "V" в голове Тельца. Вы не пропустите это скопление, потому что в букву "V" входит яркая красная звезда (красный гигант) Альдебаран, или Альфа Тельца 1-й звездной величины (рис. 12.2). На самом деле Альдебаран не находится в Гиадах, он далеко за их пределами, но наблюдателю с Земли кажется, что он входит в это звездное скопление.

Рис. 12.2. В созвездии Тельца есть яркая звезда (красный гигант) Альдебаран

Гиады выглядят намного больше Плеяд, потому что от Земли до них только около 150 световых лет, а не 400 световых лет, как до Плеяд.

- ✓ Двойное Скопление в созвездии Персея.

  Двойное Скопление прекрасно выглядит в бинокль и особенно в малый телескоп. Это два звездных скопления под номерами NGC 869 и NGC 884, каждое из которых, видимо, находится на расстоянии свыше 7000 световых лет от Земли. NGC расшифровывается как New General Catalogue (Новый общий каталог), который впервые появился в 1888 году.

- ✓ Улей (Beehive) в созвездии Рака.

  Улей (M44, т.е. 44-й объект по каталогу Мессье) — это самый привлекательный объект в созвездии Рака, которое состоит из тусклых звезд. Если смотреть невооруженным глазом, то это скопление выглядит как красивое размытое пятно, а если в бинокль — то как бесчисленный рой звезд.

А теперь перечислим самые красивые открытые скопления, видимые в Южном полушарии.

- ✓ NGC 6231 в созвездии Скорпиона.

  NGC 6231 — это "южный" объект, но летними вечерами он виден в большей части Северного полушария. Нужно только находиться в темном месте, вдали от городских огней, там, где южную часть неба ничто не заслоняет.

- ✓ Шкатулка Драгоценностей (Jewel Box) в созвездии Южного Креста.

  В скопление Шкатулка Драгоценностей входит яркая звезда Каппа Креста (к Креста). Южный Крест — неизменный любимец наблюдателей из Южного полушария. Если будете совершать круиз по южным морям, постарайтесь настоять на том, чтобы на борту находился лектор по астрономии. Он с радостью покажет вам Южный Крест. А с помощью бинокля вы сможете насладиться прекрасным видом Шкатулки Драгоценностей.

Шаровые скопления

Шаровые скопления (globular clusters) — это "дома для престарелых" галактики Млечный Путь. Они почти так же стары, как сама галактика (некоторые специалисты полагают, что это были первые сформировавшиеся объекты галактики Млечный Путь), состоят из очень старых звезд, среди которых много красных гигантов и белых карликов (см. главу 11). Звезды, которые можно увидеть в шаровом скоплении в телескоп, — это, в основном, красные гиганты. В больший телескоп можно уже наблюдать оранжевых и красных карликов главной последовательности. И только с помощью космического телескопа "Хаббл" и других очень мощных инструментов можно различить большее количество более тусклых белых карликов.

Рис. 12.3. Шаровое скопление G1 в галактике Андромеды

Типичное шаровое звездное скопление содержит от сотен тысяч до миллиона и больше звезд, и все они "упакованы" в шаре (отсюда название "шаровое") диаметром 60–100 световых лет. И чем ближе к центру, тем более плотно упакованы звезды (рис. 12.3). Таким образом, шаровое скопление отличается от открытого высокой концентрацией и большим количеством звезд.

Еще одно важное отличие заключается в том, что открытые скопления распределены по галактическому диску, т.е. практически лежат в плоскости, а шаровые скопления находятся в центре Млечного Пути и заполняют сферу, т.е. множество звезд находятся высоко над галактической плоскостью и глубоко под ней. Концентрация этих скоплений тоже возрастает по мере приближения к центру, но многие шаровые скопления, которые легче всего увидеть, находятся значительно выше галактической плоскости или ниже нее.

Вот самые лучшие шаровые скопления для наблюдения в Северном полушарии:

- ✓ Мессье 13 (M13) в созвездии Геркулеса;
- ✓ Мессье 15 (M15) в созвездии Пегаса.

И M13, и M15 можно увидеть невооруженным глазом, если небо достаточно темное, но необходимо проверить себя с помощью бинокля или малого телескопа; тогда эти скопления будут видны как размытые пятна, по размеру больше звезд. Чтобы найти эти объекты в небе, используйте звездные диаграммы или атласы (например, Звездный атлас Нортона).

Наблюдатели из Северного полушария обманывались относительно самых лучших шаровых звездных скоплений, потому что, без сомнения, два самых крупных и ярких из них находятся в южном небе:

- ✓ Омега Центавра в созвездии Центавра;
- ✓ 47 Тукана в созвездии Тукана.

Если смотреть на эти скопления в бинокль, то перед вами предстанет эффектное зрелище. Возможно, ради этого стоит даже совершить путешествие в Южную Америку, Южную Африку, Австралию или другие места Южного полушария, откуда они видны.

OB-ассоциации

OB-ассоциации (OB associations) — это неплотные группировки десятков звезд спектрального типа *O* и *B*, а иногда и более тусклых, холодных звезд (более подробно о спектральных типах говорилось в главе 11). В отличие от открытых и шаровых скоплений, силы гравитации не удерживают вместе эти ассоциации. Со временем находящиеся в них звезды удаляются одна от другой и ассоциации рассеиваются. OB-ассоциации расположены рядом с галактической плоскостью.

Многие из ярких молодых звезд в созвездии Ориона (оно находится совсем рядом с галактической плоскостью в юго-западном направлении) — члены OB-ассоциации этого созвездия.

Туманности

Туманность — это газо-пылевое облако в космическом пространстве. (*Пыль* — это микроскопические твердые частицы силикатов, углерода, льда или разнообразных сочетаний этих веществ.) Как я уже говорил в главе 11, одни туманности играют важную роль в процессе формирования звезд, а другие сами остались "продуктом жизнедеятельности" умирающих звезд. Существует несколько разновидностей туманностей, в зависимости от этапа их жизненного цикла.

- ✓ **Зоны H II** (H II regions) — это туманности, в которых водород находится в ионизированном состоянии, т.е. потерял свой электрон. (У атома водорода один протон и один электрон.) Газ в зоне H II горячий, ионизированный и светящийся от ультрафиолетового излучения, исходящего от находящихся поблизости звезд спектрального типа *O* или *B*. Все крупные и яркие туманности, которые можно увидеть в бинокль, — это *зоны H II*, т.е. ионизированного водорода.
- ✓ **Темные туманности** (dark nebulae) — это плотные и непрозрачные газо-пылевые облака, которые не светятся. Водород в них находится в нейтральном состоянии, т.е. он не потерял свой электрон. Зона H I — это туманность, водород в которой находится в нейтральном состоянии; т.е. это просто другое название темных туманностей.
- ✓ **Отражающие туманности** (reflection nebulae) состоят из пыли и холодного нейтрального водорода. Они светятся отраженным светом соседних

звезд. А если бы этих звезд поблизости не оказалось, то данные объекты были бы темными туманностями.

- ✓ **Гигантские молекулярные облака** (giant molecular clouds) — это самые крупные объекты Млечного Пути. Но они темные и холодные, и мы даже не знали бы о их существовании, если бы не данные, полученные с помощью радиотелескопов, которые могут обнаруживать излучения слабых радиоволн от молекул, таких как окись углерода (CO). Как и все остальные туманности, гигантские молекулярные облака, в основном, состоят из водорода, но часто их изучают с помощью компонентов, содержащихся в очень малых количествах, таких как CO. Водород в этих гигантских облаках находится в молекулярной форме (и обозначается H_2), т.е. каждая его молекула содержит два нейтральных атома водорода.

Одно из самых поразительных открытий последних десятилетий в изучении туманностей состояло в том, что яркие зоны H II, такие как туманность Ориона, — это только маленькие горячие участки на окраинах гигантских молекулярных облаков. На протяжении столетий люди смотрели на туманность Ориона и даже не представляли, что это — не более чем яркий "пупырышек" на огромном невидимом объекте, молекулярном облаке Ориона. Но теперь мы это знаем. Новые звезды рождаются в молекулярных облаках, и когда они становятся достаточно горячими, ионизируют окружающее пространство вокруг себя, превращая его в зону H II. Если в молекулярном облаке пылевой слой достаточно толстый для того, чтобы преградить путь свету многих или большинства звезд, расположенных за этим облаком (с точки зрения наблюдателя на Земле), то эта часть молекулярного облака называется темной туманностью.

- ✓ **Планетарная туманность** (planetary nebulae), как уже упоминалось в главе 11, — это атмосфера старой звезды типа Солнца, которая в предсмертной агонии сбросила свои внешние слои. Более подробно о планетарных туманностях мы поговорим в следующем разделе.
- ✓ **Остатки сверхновой** (supernova remnants) — это туманность, образованная из вещества, извергнутого при взрыве массивной звезды (об этом я тоже говорил в главе 11). Более подробно о сверхновых речь пойдет дальше в этой главе.

Зоны H II, темные туманности, гигантские молекулярные облака и многие отражающие туманности расположены на галактическом диске Млечного Пути или рядом с ним.

Планетарная туманность

Итак, *планетарная туманность* — это атмосфера старой звезды типа Солнца, которая затем сбросила свои внешние атмосферные слои. Такая туманность ионизирована и светится ультрафиолетовым светом, исходящим от расположенной в ее центре маленькой горячей звезды, т.е. того, что осталось от прежнего "солнца". Эти туманности распространяются в космос и, по мере такого расширения, угасают.

На протяжении десятилетий астрономы считали, что многие или большинство планетарных туманностей имеют приблизительно сферическую форму. Но теперь известно, что большинство их них биполярны, т.е. они состоят из двух круглых долей, выступающих с противоположных сторон от центральной звезды. Некоторые планетарные туманности, которые выглядят сферическими, как, например, Кольцевая туманность (Ring Nebula) из созвездия Лиры (рис. 12.4), на самом деле тоже биполярные. Дело в том, что ось, проходящая через центры

этих долей, направлена на Землю, поэтому они и кажутся сферическими, — как гантель, если смотреть на нее с торца. Но, чтобы понять это, астрономам понадобилось много лет. Заметим, что, в отличие от зон H II, планетарные туманности могут находиться достаточно далеко от галактической плоскости.

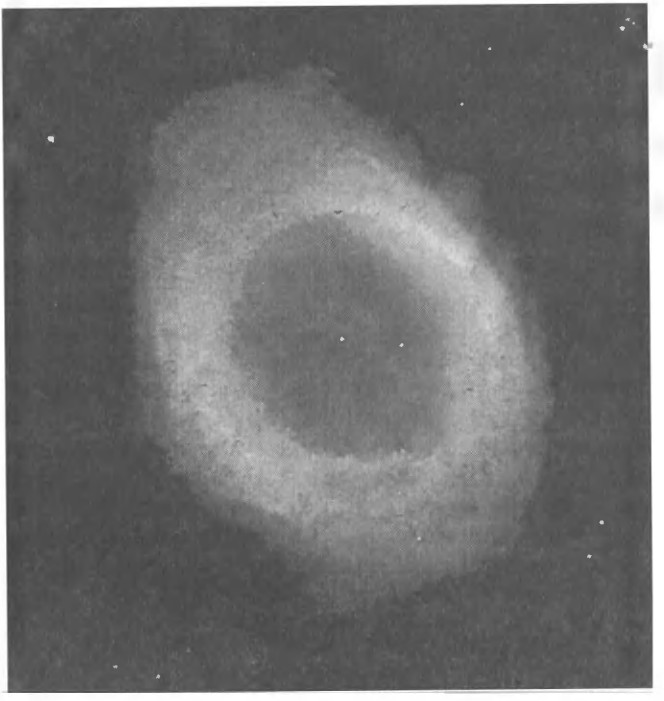


Рис. 12.4. Кольцевая туманность в созвездии Лиры

Фотография любезно предоставлена NASA

Галактика-неудачник

В 1950-е годы термином "туманность" называли также галактики, поскольку до 1920-х годов считалось, что галактики за пределами Млечного Пути — это туманности Млечного Пути. Астрономы верили в существование только одной галактики, в которой находится планета Земля, т.е. Млечного Пути.

Потребовалось несколько десятков лет, чтобы в астрономическом языке отразилось изменение понятий и представлений. Авторы астрономических книг совсем недавно перестали называть галактику Андромеды привычным именем — "Туманность Андромеды".

Эдвин П. Хаббл (Edwin P. Hubble), в честь которого назван знаменитый космический телескоп, написал замечательную книгу *The Realm of the Nebulae*. Она полностью посвящена галактикам, а не туманностям (в том смысле, в каком мы используем этот термин сегодня). Наряду со многими достижениями, Э. Хаббл доказал, что туманность Андромеды — это галактика, полная звезд, а не большое газовое облако. Бывший боксер, он воевал в Первую мировую, курил трубку и, говорят, был груб с другими астрономами обсерватории Маунт-Вилсон. Но его исследования действительно внесли большой вклад в науку.

Любопытная деталь: существуют также *протопланетарные туманности* (protoplanetary nebulae), в значительной степени изученные астрофизиками. Один тип протопланетарной туманности представляет собой начальный жизненный этап планетарной туманности, т.е. опре-

деленную стадию умирания звезды. Другой тип — это порождающее облако системы, состоящей из звезды и ее планет. Конечно, со стороны астрономов не слишком остроумно использовать один и тот же термин для обозначения двух совершенно разных видов объектов, но увы, нет совершенства в этом мире. Видимо, нужен другой Эдвин Хаббл, который бы заставил нас выработать более правильную терминологию.

Остатки сверхновой

Остатки сверхновой на начальном этапе представляют собой вещество, извергнутое при взрыве массивной звезды. Молодые остатки сверхновой состоят почти исключительно из осколков взорвавшейся звезды. Но по мере продвижения по межзвездному пространству газ начинает собирать все на своем пути, как снежный ком. И к тому времени, когда остатки сверхновой станут старыми, т.е. спустя десятки тысяч лет, туманность будет до краев заполнена этим собранным по пути межзвездным газом, и сами осколки взорвавшейся звезды будут составлять незначительную долю общей массы.

Остатки сверхновых обнаружены в галактической плоскости Млечного Пути или рядом с ней.

Туманности, которые стоит наблюдать

Ниже перечислены некоторые из самых лучших и ярких (или, наоборот, самых темных, для темных туманностей) и красивых туманностей, которые видны в северных широтах, а также некоторые объекты, которые ненамного южнее небесного экватора.

- ✓ Туманность Ориона (Orion Nebula), M42, в созвездии Ориона.

  Зону H II, туманность Ориона, очень легко увидеть невооруженным глазом. Эта туманность кажется размытым пятном в Мече Ориона. Она прекрасно выглядит в бинокль и очень эффектно — в малый телескоп. В телескоп также видна Трапеция (Trapezium), яркая четверная звезда (см. главу 11) в этой туманности.

- ✓ Кольцевая туманность (Ring Nebula), M57, в созвездии Лиры.

  Кольцевая туманность — это планетарная туманность, которая летними ночами видна высоко в небе северных умеренных широт. Чтобы найти в небе эту туманность и разглядеть ее в телескоп (как и все планетарные туманности), вам понадобится звездная диаграмма. Но, конечно, если у вас телескоп с компьютерным управлением, такой как Meade ETX-90/EC (см. главу 3), который по команде будет направлен прямо на нужную туманность, то никакие диаграммы вам ни к чему.

- ✓ Туманность Гантель (Dumbbell Nebula), M27, в созвездии Лисички.

  Туманность Гантель и Кольцевая туманность относятся к планетарным туманностям, которые легче всего обнаружить в малый телескоп. Они удачно расположены в небе летом и осенью.

- ✓ Крабовидная туманность (Crab Nebula), M1, в созвездии Тельца.

  Крабовидная туманность — это остаток сверхновой, взорвавшейся в 1054 году (с точки зрения наблюдателя на Земле). Если смотреть на эту туманность в малый телескоп, то вы увидите еще одно размытое пятно, но в большой телескоп видны две звезды рядом с центром туманности. Одна из них никак не связана с Крабовидной туманностью, а просто находится на одной линии прямой видимости. Другая звезда — пульсар, оставшийся после взрыва сверхновой. Это звезда с пульсирующим излучением, вращающаяся со скоростью 30 оборотов в секунду.

- ✓ Североамериканская туманность (North American Nebula), NGC 7000, в созвездии Лебедя.

  Североамериканская туманность — это тусклая, но большая зона H II, которую внимательный наблюдатель увидит темной летней ночью невооруженным глазом. Чтобы легче обнаружить эту туманность, используйте боковое зрение — смотрите уголком глаза. Название туманность получила благодаря своей форме.

- ✓ Северный Угольный Мешок (Northern Coal Sack) в созвездии Лебедя.

  Северный Угольный Мешок — это темная туманность недалеко от Денеба, Альфы Лебедя, самой яркой звезды созвездия Лебедя. Ее легко обнаружить невооруженным глазом; это темное пятно на более светлом фоне Млечного Пути.

А теперь перечислим туманности умеренных южных широт, которые, тем не менее, видны на большей территории и Южного, и Северного полушарий и заслуживают внимания.

- ✓ Туманность Лагуна (Lagoon Nebula), M8, в созвездии Стрельца.
- ✓ Трехраздельная туманность, M20, в созвездии Стрельца.

  Обе эти туманности — большие и яркие зоны H II, которые можно одновременно увидеть в бинокль. Летними ночами их положение в небе очень удобно для наблюдения. На цветной фотографии видно, что у Трехраздельной туманности есть яркая красная область и отдельная, более тусклая, голубая область. Красная область — это зона H II, а голубая — отражающая туманность.

К самым знаменитым туманностям высоких широт Южного полушария относятся следующие.

- ✓ Туманность Тарантул (Tarantula Nebula) в созвездии Золотой Рыбы.

  Туманность Тарантул вообще находится не в Млечном Пути, а в галактике Большое Магелланово Облако. Но это такая большая и яркая зона H II, что ее можно увидеть невооруженным глазом в умеренных и высоких южных широтах. Туманность Тарантул — еще один интересный объект для наблюдения во время круиза по южным морям. Поверьте мне — вы не пожалеете.

- ✓ Туманность Киля (Carina Nebula) в созвездии Киля.

  Туманность Киля, расположенная в районе огромной нестабильной звезды Эты Киля (см. главу 11) — это большая и яркая зона H II.

- ✓ Туманность Угольный Мешок в созвездии Креста.

  Темная туманность Угольный Мешок — это большое черное пятно в Млечном Пути, в созвездии Креста. Вы не пропустите его, если ясной темной ночью будете смотреть на небо высоких широт Южного полушария.

- ✓ Туманность Восьми Вспышек (Eight-Burst Nebula), NGC 3132, в созвездии Парусов.

  Это планетарная туманность, которую можно увидеть в небе высоких южных широт.

Галактики — острова во Вселенной

Большая галактика содержит тысячи звездных скоплений и от миллиардов до триллионов отдельных звезд, удерживаемых вместе силами гравитации. Существуют галактики разнообразных форм и размеров. В 1920-х годах астроном Эдвин Хаббл разделил их на четыре ос-

новные группы: эллиптические (E), спиральные (S), пересеченные спиральные, или линейно-спиральные (SB), и неправильные (Irr) (рис. 12.5).

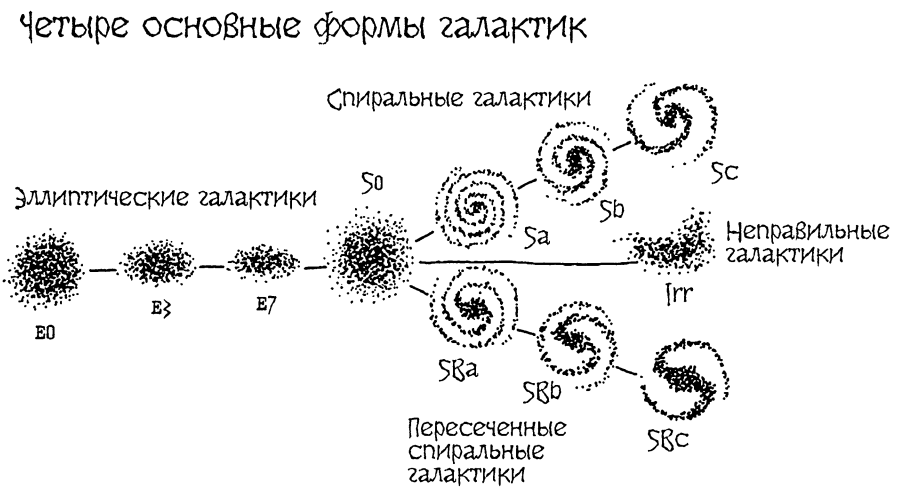


Рис. 12.5. Различные типы галактик

Основными типами галактик (в зависимости от формы и размера) являются:

- ✓ спиральные;
- ✓ пересеченные спиральные;
- ✓ линзообразные;
- ✓ эллиптические;
- ✓ неправильные;
- ✓ карликовые;
- ✓ низкой поверхностной яркости.

Спиральные, пересеченные спиральные и линзообразные галактики

Спиральные галактики (spiral galaxies) имеют форму диска и спиральные рукава, изогнутые по этому диску. Эти галактики похожи на Млечный Путь, но их спиральные рукава могут быть свиты более или менее туго, чем рукава нашей галактики. И полная звезд центральная выпуклость спиральной галактики может быть более или менее рельефной, по сравнению с рукавами.

Спиральные галактики отличаются большим количеством межзвездного газа, туманностей, OB-ассоциаций, открытых и шаровых скоплений.

Пересеченные спиральные галактики (barred spiral galaxies) — это спиральные галактики, в которых рукава кажутся выходящими не из галактического центра, а из концов звездного облака, напоминающего по форме линию или эллипс и накрывающего центр. Это звездное облако называется *поперечиной* (bar). Газ из внешних областей галактики иногда проходит к центру через эту поперечину. За счет этого формируются новые звезды, составляющие центральную галактическую выпуклость, т.е. галактика становится еще более выпуклой в центре.

Линзообразные галактики (lenticular galaxies) — это плоские системы с галактическими дисками, как у спиральных галактик, но только без рукавов. Они состоят из газа и пыли. Их обозначение — SO.

Эллиптические галактики

Эллиптические галактики (elliptical galaxies) имеют форму эллипса. Причем это определение охватывает как эллипсоидные, так и сферические по форме галактики. Это великолепное зрелище, от которого я получил море удовольствия. Такие галактики содержат множество старых звезд и шаровых звездных скоплений, но мало чего помимо этого.

Эллиптические галактики — это системы, в которых формирование звезд в основном или полностью прекратилось. Здесь нет зон H II, молодых звездных скоплений или OB-ассоциаций. Представьте, каково жить в одной из таких тусклых галактик, где нет ничего похожего на Туманность Ориона, которой можно было бы порадоваться, и ничто не дает рождения новым звездам. И, наверное, по телевизору тоже нечего смотреть.

Возможно, процесс образования новых звезд в эллиптической галактике прекратился, потому что использован весь имевшийся для этого газ. Или потому, что нечто развеяло или унесло весь оставшийся газ, пригодный для формирования новорожденных звезд. Я делаю такое предположение потому, что в некоторых эллиптических галактиках, хотя и не имеющих зон H II или групп молодых звезд вообще, есть некоторое количество газа, но слой его так тонок и он настолько горяч, что излучает только в рентгеновском диапазоне. Подобному газу не так-то легко сжаться и превратиться в звезды. И, по правде говоря, в некоторых эллиптических галактиках есть ряд голубоватых звездных скоплений, которые, похоже, относятся к очень молодым шаровым звездным скоплениям, значительно моложе каких-либо других в Млечном Пути.

Основная на сегодня теория об эллиптических галактиках, или по меньшей мере о *некоторых* из них, говорит о том, что они сформировались в результате столкновения и слияния меньших галактик. Например, столкновение двух спиральных галактик может породить большую эллиптическую галактику, и образовавшиеся ударные волны могут сжать большие молекулярные облака в спирали, порождая огромные скопления горячих молодых звезд, возможно, те самые голубоватые звездные скопления, которые обнаруживают в некоторых эллиптических галактиках. Но столкновение малой галактики с большой спиральной может просто привести к тому, что вторая поглотит первую. И тогда выпуклость в центре спиральной галактики еще больше увеличится.

Астрономы, изучающие космос, видят много примеров сталкивающихся и сливающихся галактик; причем чем дальше мы заглядываем, тем больше таких примеров наблюдаем. Очевидно, что столкновение галактик было распространенным явлением на ранних этапах развития Вселенной, и это внесло вклад в формирование многих галактик, которые мы видим сегодня.

Галактика — это галактика

Слово "галактика" приходится повторять слишком часто, но, увы, у него нет других синонимов. Некоторые несведущие люди пишут "звездные скопления", чтобы как-то разнообразить свой текст, но это совершенно неправильно. И большая группа галактик — это не "галактическое скопление"; этот термин обозначает открытое звездное скопление внутри галактики. А большая группа галактик — это *скопление галактик* (cluster of galaxies).

Галактики неправильные, карликовые и низкой поверхностной яркости

У *неправильных галактик* (irregular galaxies), как правило, очень неправильная форма. Возможно, в какой-то из них вы обнаружите намек на небольшую спиральную структуру, а может, и нет. Обычно в них много межзвездного газа и новые (т.е. новорожденные) звезды формируются постоянно. Обычно неправильные галактики меньше спиральных и эллиптических галактик, в которых звезд гораздо меньше.

Карликовые галактики (dwarf galaxies) полностью соответствуют своему названию — это крошечные галактики, имеющие всего несколько тысяч световых лет в поперечнике или даже меньше. Они подразделяются на подтипы: карликовые эллиптические (dwarf elliptical), карликовые сфероидальные (dwarf spheroidal), карликовые неправильные (dwarf irregular) и, видимо, карликовые спиральные (dwarf spiral), хотя это спорный вопрос.

В нашей родной Местной Группе Галактик (более подробно о ней мы поговорим в следующем разделе), как и в Млечном Пути, самыми распространенными являются карликовые галактики, а самыми распространенными звездами — наименьшие звезды, т.е. красные карлики. Вероятно, это справедливо и для дальнего космоса, но утверждать это трудно, потому что карликовые галактики гораздо труднее увидеть и сосчитать на больших расстояниях, чем галактики нормального размера.

Галактики низкой поверхностной яркости (low surface brightness galaxies) были признаны важным классом объектов в 1990-е годы. Они могут быть такими же крупными, как большинство других галактик, но почти не светятся. Хотя они полны газа, звезд в них образуется мало, поэтому их свет неярок. Астрономы не замечали их в течение многих десятилетий и только сейчас начинают находить их с помощью современных цифровых фотоаппаратов. Это не слишком подходящие объекты для наблюдения в домашний телескоп, но я решил, что вы должны знать о них. Кто знает, что еще находится рядом с нами, чего мы пока не обнаружили?

Некоторые астрофизики думают, что значительную часть массы Вселенной составляют галактики низкой поверхностной яркости, которых пока еще просто не подсчитали должным образом.

Знаменитые галактики

Перечислим самые лучшие галактики для наблюдения в Северном полушарии.

- ✓ Галактика Андромеды (M31) в созвездии Андромеды, названном в честь эфиопской царевны из греческой мифологии (эта галактика показана на рис. 12.6).

  Галактику Андромеды также называют Великой спиральной галактикой Андромеды, и в течение долгого времени она носила название Великой спиральной туманности Андромеды. Это еще одно размытое пятно, видимое невооруженным глазом; его можно увидеть в небе Северного полушария осенними ночами. Если небо в месте наблюдения будет достаточно темным, то в бинокль можно проследить эту галактику размером в три градуса на небе, что примерно в 6 раз больше диаметра полной Луны. Но не пытайтесь разглядеть галактику Андромеды в полнолуние, подождите, пока Луна не станет узким серпом, или, еще лучше, скроется под горизонтом. Чем темнее ночь, тем большую часть галактики Андромеды вы увидите.
- ✓ Галактики NGC 205 и M32 в созвездии Андромеды.

NGC 205 и M32 — это небольшие эллиптические галактики по соседству с галактикой Андромеды. Одни специалисты называют их обеих карликовыми эллиптическими галактиками, а другие — нет. (Было бы неплохо, чтобы они пришли к общему мнению.) M32 — сфероидальная по форме, а NGC 205 — эллипсоидальная.

✓ Галактика Треугольник (Triangulum), M33, в созвездии Треугольника.

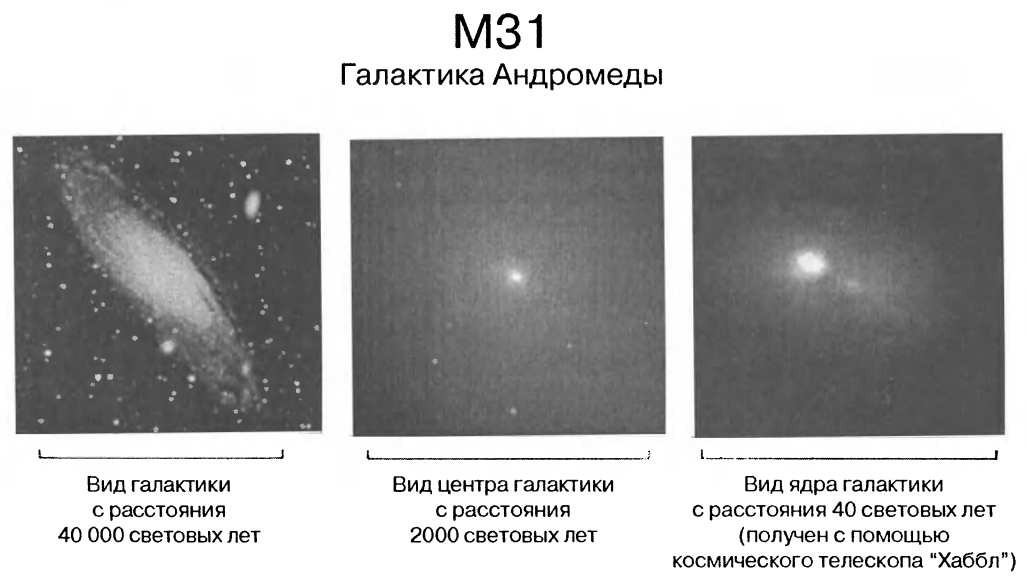


Рис. 12.6. Галактика Андромеды

Треугольник — это еще одна большая и яркая соседняя спиральная галактика, чуть меньшая и чуть более тусклая, чем галактика Андромеды. Она тоже прекрасно выглядит в бинокль темными осенними ночами.

✓ Галактика Водоворот (Whirlpool Galaxy), M51, в созвездии Гончих Псов.

Галактика Водоворот более далекая и тусклая, чем галактики Андромеды и Треугольника, но это восхитительное зрелище в высококачественный малый телескоп. Это спиральная галактика, галактический диск которой находится практически под прямым углом к нашей линии зрения с Земли. Мы смотрим на нее прямо сверху (или снизу). Если у вас будет возможность воспользоваться большим телескопом, то вы сможете разглядеть ее спиральную структуру с расстояния около 15 миллионов световых лет. Именно у объекта M51 ученые открыли спиральную галактическую структуру, причем задолго до того, как мы узнали, что эти "туманности" — на самом деле галактики. Ищите эту галактику в небе весенними ночами.

✓ Галактика Сомбреро (Sombrero Galaxy), M104, в созвездии Девы.

Галактика Сомбреро — это яркая спиральная галактика, которую мы видим сбоку. "Поля шляпы" — это галактический диск, а темная полоса на поле видна потому, что мы смотрим прямо на темную туманность, расположенную на галактическом диске. Попробуйте наблюдать эту туманность также весной; она почти в три раза дальше, чем галактика Водоворот, но, тем не менее, прекрасно выглядит в телескоп.

А теперь перечислим самые эффектные галактики для наблюдения в Южном полушарии.

- ✓ Большое и Малое Магеллановы Облака (Large, Small Magellanic Clouds — LMC, SMC) — это неправильные галактики, спутники Млечного Пути. Большое Магелланово Облако не только больше по размеру, но и ближе к Земле. От нас до него всего лишь 169 тысяч световых лет (или чуть больше, или чуть меньше). На самом деле долгие годы считалось, что Большое Магелланово Облако — это ближайшая галактика к Млечному Пути. Но сегодня ученым известно, что тусклое и жалкое подобие галактики под названием Карликовая галактика Стрельца (Sagittarius Dwarf Galaxy) еще ближе к нам. Но эту галактику еле-еле можно различить на фотографиях, сделанных с помощью телескопа, потому что ее постепенно поглощает Млечный Путь. Так что прощай, галактика Стрельца, мы даже не успели как следует с тобой познакомиться!

  Большое и Малое Магеллановы Облака действительно похожи на облака в ночном небе. Они большие и яркие и расположены рядом с небесным полюсом, если смотреть с большей части территории Южного полушария. Другими словами, в высоких южных широтах они никогда не садятся за горизонт. Поэтому, если отправиться, например, в южную часть Южной Америки, то можно наслаждаться зрелищем Большого и Малого Магеллановых Облаков каждой ясной ночью. Изучите их в бинокль и постарайтесь определить, сколько в них звездных скоплений и туманностей.
- ✓ Галактика Скульптор (Sculpter Galaxy), NGC 253, — это большая и яркая спиральная галактика.
- ✓ Галактика Центавр А (Centaurus A), NGC 5128, — это гигантская галактика, имеющая необычный внешний вид. Она сфероидальная, но через ее центр проходит толстая полоса темной пыли. Здесь находится мощный источник радиоволн, принимаемых радиотелескопами. Теоретики размышляли о том, не видят ли они перед собой пример сталкивающихся галактик. Я думаю, что, вероятно, эта галактика в свое время поглотила одну-две мелкие галактики, так что советую вам наблюдать ее с безопасного расстояния.

Местная группа галактик

Местная Группа Галактик (Local Group of Galaxies), которую для краткости именуют просто Местной Группой, состоит из двух больших спиральных (Млечный Путь и галактика Андромеды) и меньшей спиральной галактики (галактика Треугольник), галактик-спутников (включая Большое и Малое Магеллановы Облака, а также галактики M32 и NGC 205) и около двух десятков карликовых галактик.

Местная Группа Галактик не так велика, как другие скопления галактик, но это наш дом. Это самая крупная структура, с которой наша Земля связана гравитационными силами. Это означает, что в процессе расширения Вселенной Земля не улетит от Местной Группы. Так же как Солнечная система не становится больше — потому что гравитация Солнца не позволяет планетам удаляться или вообще улететь, — все объекты Местной Группы удерживаются вместе гравитацией трех спиральных галактик и более мелких объектов. Но все остальные группы и скопления галактик, а также далекие отдельные галактики Вселенной, которые находятся вне воздействия гравитации Местной Группы, удаляются от Местной Группы со скоростью, определяемой законом Хаббла. Более подробно об этом удалении говорится в главе 16.

Размер Местной Группы — примерно один мегапарсек в ширину. Ее центр находится возле Млечного Пути. *Парсек* (parsek) — это единица измерения расстояния в космосе, рав-

ная 3,26 световых года. А приставка *мега* означает "миллион". Таким образом, ширина Местной Группы — примерно 3,26 миллиона световых лет. Но если вам кажется, что это очень много, замечу, что это лишь крохотная часть по сравнению с размерами остальной обозримой Вселенной за пределами Местной Группы.

Скопления и сверхскопления галактик намного больше Местной Группы и их легко обнаружить в космосе на расстоянии миллиардов световых лет от нас. Но большинство галактик во Вселенной, по меньшей мере из тех, которые легко увидеть, входят в небольшие группы, насчитывающие только десятки членов (или даже меньше), как и Местная Группа (в которой около 30 объектов). Так что, похоже, мы находимся в "средних" условиях.

Скопления галактик

Большинство галактик входят в небольшие группы, такие как Местная Группа, но когда астрономы наблюдают далекий космос в профессиональные телескопы обсерваторий, на общем фоне резко выделяются скопления галактик. Самые заметные так называемые *богатые скопления* (rich clusters), в которые входят сотни и даже тысячи галактик, каждая с собственным "комплектом" из миллиардов звезд.

Ближайшее к нам большое скопление галактик — это Скопление Девы, простирающееся через одноименное и соседние созвездия. Это скопление находится на расстоянии около 50 миллионов световых лет и содержит сотни известных галактик.

Некоторые из самых больших и ярких галактик, входящих в состав Скопления Девы, вы можете наблюдать в свой собственный телескоп. M87 (т.е. 87-й объект по каталогу Мессье) — это одно из красивейших зрелищ. Это гигантская эллиптическая галактика сфероидальной формы, в центре которой рядом со сверхмассивной черной дырой происходит мощный выброс вещества. M87 можно увидеть в любительский телескоп, но разглядеть выброс вещества в ее центре вам вряд ли удастся, если вы еще не приобрели достаточного опыта. Похоже, эта галактика поглотила несколько мелких галактик. Возможно, поэтому она такая большая. Наверное, сначала она была небольшой, а затем увеличилась за счет поглощения других малых галактик. M49 и M84 — это еще две гигантские эллиптические галактики Скопления Девы, которые вы можете увидеть, а M100 — большая спиральная галактика в этом скоплении.

Вопрос о количестве существующих скоплений галактик упирается в возможности телескопов. В настоящее время современная аппаратура позволяет сделать следующую оценку: в обозримой Вселенной существует около 150 миллиардов галактик, хотя их никто не считал.

Сверхскопления, Великие Стены и космические пустоты

Вы, наверное, думаете, что огромные скопления галактик, размером до 3 миллионов световых лет в поперечнике, — это самые крупные структурные единицы Вселенной. Но исследования дальнего космоса показывают, что большинство или даже все скопления галактик сами группируются в еще более крупные структуры — *сверхскопления* (superclusters). Они не удерживаются вместе силами гравитации, но и не распадаются. Похоже, они имеют нитевидную и в то же время плоскую форму. Сверхскопление может содержать десятки или сотни скоплений галактик и иметь размер 100–200 миллионов световых лет в длину.

Мы находимся в окраинной части Местного Сверхскопления (Local Supercluster), который иногда называют также Сверхскоплением Девы (Virgo Supercluster), потому что его центр находится рядом со Скоплением галактик Девы.

Похоже, сверхскопления расположены по краям огромных пустых районов Вселенной, называемых *космическими пустотами* (cosmic voids). Ближайшая из них, Пустота Волопаса (Bootes Void), имеет примерно 3 миллиона световых лет в поперечнике. Большинство галактик расположено по ее контуру, и только очень немногие, главным образом мелкие, находятся внутри нее. Пустоту Волопаса открыл астроном Роберт Киршнер.

Некоторые из самых больших сверхскоплений, или группы сверхскоплений, называются Великими Стенами (Great Walls). Первая открытая такая структура имеет около 750 миллионов световых лет в длину. Но, возможно, другие Великие Стены, находящиеся в далеких глубинах Вселенной, еще больше. Насколько известно астрономам, на Великих Стенах нет никаких Великих Надписей. Но если мы поймем их язык, они смогут многое рассказать нам о происхождении крупных космических структур и о начальных этапах развития Вселенной.

Изображения галактик в Web

Этот раздел завершает наш краткий обзор некоторых великолепных объектов Млечного Пути, а также других объектов за его пределами (включая Большое Магелланово Облако).

Панорамные карты галактической плоскости Млечного Пути, полученные с помощью радиотелескопов и спутников, можно увидеть на Web-сайте NASA по адресу `adc.gsfc.nasa.gov/mw/milkyway.html`.

Одни из самых лучших цветных изображений туманностей изо всех, которые когда-либо были сделаны, можно найти на трех различных Web-страницах Научного института космического телескопа (Space Telescope Science Institute).

- ✓ Коллекция изображений туманностей (`oposite.stsci.edu/pubinfo/nebulae.html`).
- ✓ Галерея изображений планетарных туманностей (`oposite.stsci.edu/pubinfo/pr/97/pn`).
- ✓ Страницы галереи (Gallery Pages) проекта "Наследие Хаббла" (Hubble Heritage), с прекрасными изображениями галактик и других объектов (`heritage.stsci.edu/public/gallery/galindex.html`).

Глава 13

Черные дыры и квазары

В этой главе...

- Углубляясь в черные дыры
- О квазарах и блазарах
- Активные галактические ядра

Черные дыры и квазары — это две самые увлекательные и загадочные темы в современной астрономии. Кроме того, оказалось, что между этими объектами существует связь. Об этом я и расскажу в данной главе.

Наверное, вы никогда не увидите черную дыру в свой телескоп. Но могу поспорить на что угодно: как только люди узнают, что вы занимаетесь астрономией, они сразу же начнут вам задавать вопросы о черных дырах. О них я кратко уже упоминал в главе 11, но сейчас мы рассмотрим их подробнее.

Таинственные и неодолимые черные дыры

Упасть в черную дыру можно, а вот выбраться из нее — нет, даже если очень сильно захотеть. Вы не успеете даже крикнуть "мама!". Инопланетянину повезло, что он попал на Землю, а не в черную дыру, потому что он хотя бы мог позвать на помощь[1].

Черная дыра (black hole) — это космический объект, имеющий настолько мощную гравитацию, что из него не могут вырваться даже световые лучи; именно поэтому черные дыры невидимые.

Любому объекту, попавшему в черную дыру, нужно больше энергии, чем у него было когда-либо, чтобы вырваться из этой дыры. Формальное название этой "энергии" — скорость убегания (escape velocity). Ракетостроители под термином "скорость убегания" понимают скорость, с которой должна двигаться ракета или любой другой объект, чтобы преодолеть земное притяжение и выйти в межпланетное пространство. Аналогично этот термин применяется к любому объекту во Вселенной (т.е. как скорость преодоления притяжения какого-либо космического объекта).

На Земле скорость убегания (или вторая космическая скорость) равна 11 км/с. Для объектов с более слабой гравитацией нужна меньшая скорость убегания (например, на Марсе она равна всего 5 км/с), а для объектов с более сильной гравитацией — большая (например, на Юпитере она составляет 61 км/с). Но чемпионом Вселенной по скорости убегания всегда будет черная дыра. Ее гравитация настолько велика, что для ее преодоления нужна скорость убегания, превышающая скорость света (т.е. больше 300 000 км/с). Ничто не может вырваться из черной дыры, даже свет (так как никто и ничто, включая свет, не может двигаться быстрее скорости света.)

---

[1] *Речь идет о фильме Стивена Спилберга "Инопланетянин".*

Типы черных дыр

Ученые обнаруживают черные дыры, когда видят, что газ, вращающийся вокруг них, слишком горячий для нормальных условий. Мы замечаем потоки частиц высокой энергии, которые как будто стремятся избежать попадания в черную дыру, а также звезды, летящие по своим орбитам с невероятной скоростью, как будто движимые чрезвычайно мощным притяжением невидимого объекта колоссальной массы (как оно и есть на самом деле).

Как я уже говорил в главе 11, существует два основных типа черных дыр — черные дыры звездной массы, имеющие массу нормальной звезды, и сверхмассивные черные дыры, масса которых может составлять от миллиона до нескольких миллиардов масс Солнца.

Черные дыры промежуточной массы, масса которых составляет 500–1000 масс Солнца, были открыты в 1999 году. Их роль во Вселенной ученые понимают еще хуже, чем черных дыр звездной массы и сверхмассивных черных дыр.

Что у черных дыр внутри?

Черная дыра имеет три части:

- ✓ "горизонт событий", или внешняя граница черной дыры по периметру;
- ✓ сингулярность, т.е. центр дыры, сформированный за счет предельного сжатия всего вещества, находящегося внутри нее, за исключением:
- ✓ вещества, падающего с горизонта событий в сингулярность.

В последующих разделах эти части черной дыры мы рассмотрим более подробно.

Горизонт событий

Горизонт событий (event horizon) — это граница черной дыры (рис. 13.1). Если объект попадает внутрь горизонта событий, то он уже никогда не сможет вырваться из черной дыры и снова стать видимым для наблюдателей, находящихся снаружи. Аналогично те, кто попал внутрь горизонта событий, не видят ничего из того, что находится снаружи.

Размер горизонта событий пропорционален массе черной дыры. Например, если удвоить массу черной дыры, то ее горизонт событий станет в два раза шире. Если бы ученые знали способ сжать Землю так, чтобы превратить ее в черную дыру (успокойтесь, мы такого способа не знаем, а если и знали бы, то я вам его не рассказал бы), то ее горизонт событий составил бы всего около 2 см в поперечнике. Основные параметры черных дыр приведены в табл. 13.1.

Таблица 13.1. Параметры черных дыр

Масса черной дыры (солнечных масс)	Диаметр черной дыры (км)	Комментарии
3	18	Черная дыра наименьшей звездной массы
10	60	
100	600	Черная дыра наибольшей звездной массы
1000	6000	Черная дыра промежуточной массы
1 миллион	6 миллионов	Черная дыра в центре Млечного Пути
1 миллиард	6 миллиардов	Черная дыра в квазаре

Масса малых черных дыр, или черных дыр звездной массы, составляет от трех солнечных масс и выше. Масса сверхмассивных черных дыр в сотни тысяч или даже в несколько миллиардов раз превышает массу Солнца. Черные дыры звездной массы появляются в результате смерти больших звезд, как я описывал в главе 11. А сверхмассивные черные дыры, похоже, находятся в центрах га-

лактик и, возможно, образовались за счет слияния множества плотно упакованных звезд примерно в то время, когда происходило формирование галактик. Но наверняка этого не знает никто.

Черных дыр, масса которых меньше трех солнечных, а диаметр — меньше 18 км, пока не обнаружено.

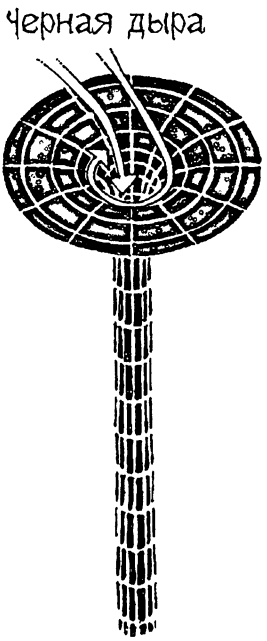


Рис. 13.1. Одна из концепций строения черных дыр. Стрелками обозначено обреченное вещество, падающее внутрь

Сингулярность и падающие объекты

Все, что попадает внутрь горизонта событий, движется вниз по направлению к сингулярности. Здесь оно вливается в сингулярность, которая, по мнению ученых, имеет бесконечную плотность. Мы не знаем, какие законы физики действуют в местах такой колоссальной плотности, какая достигается в точке сингулярности или рядом с ней, поэтому не можем описать характеристики данного места. Это буквально "черная дыра" (или белое пятно?) в наших знаниях.

Некоторые математики считают, что в сингулярности находится так называемая *червоточина* (wormhole), или *пространственно-временной туннель*, т.е. переход из черной дыры в другую вселенную. Концепция туннеля вдохновила многих писателей и кинорежиссеров на создание множества фантастических произведений на данную тему. Но цель у них одна — заработать деньги, и больше ничего. Большинство специалистов считают, что никаких туннелей-червоточин не существует. Но даже если бы они существовали, мы не знаем способа ни увидеть их внутри черных дыр, ни проникнуть к ним другим путем. Но есть и другая теория, которая заключается в следующем: там, где гипотетическая червоточина соединяется с другой вселенной, существует *белая дыра* (white hole), т.е. место, где колоссальная энергия выливается из нашей вселенной в другую. Скорее всего, эта теория тоже неверна, но даже если она верна, то мы должны совершить путешествие в другую вселенную, чтобы увидеть эту белую дыру.

О путешествиях в другие вселенные не может быть и речи (по крайней мере, пока). Но, конечно, у нас есть другая возможность: поискать белые дыры в нашей вселенной, где могут возникнуть туннели из других вселенных. Однако ученые пока ничего подобного не обнаружили. Кто-то когда-то предположил, что квазары — это, возможно, червоточины. Но в настоящее время у ученых есть достаточно хорошая теория квазаров (о ней я расскажу в этой главе), никак не связанная с червоточинами.

Что находится снаружи черной дыры

В реальных небесных объектах, которых, по мнению ученых, можно считать "кандидатами в черные дыры", обычно происходит следующее.

1. Газообразное вещество, движущееся по направлению к черной дыре, кружится вокруг нее в плоском облаке, называемом *аккреционным диском* (accretion disk).
2. Чем ближе газ в аккреционном диске подходит к черной дыре, тем плотнее и горячее он становится.

   Газ нагревается, поскольку его сжимает гравитация черной дыры; причина в том, что по мере увеличения плотности газа трение возрастает. (Это похоже на принцип работы кондиционеров воздуха и холодильников: когда газ расширяется, он становится холоднее, а когда сжимается, — горячее.)
3. Когда газ приближается к черной дыре и нагревается, он ярко светится. Излучение от аккреционного диска может быть разным, но чаще всего — это рентгеновское излучение. Рентгеновские телескопы, такие как новейшая обсерватория на орбите, CHANDRA, регистрируют эти рентгеновские лучи, что позволяет ученым определить черную дыру.

   Так что, хотя мы не видим черную дыру в телескоп непосредственно, мы можем зарегистрировать излучение от аккреционного диска, который вращается вокруг нее, с помощью рентгеновского телескопа, летающего в космосе. Дело в том, что рентгеновские лучи не проходят, слава Богу, через атмосферу Земли, поэтому для их обнаружения астрономы используют телескопы, находящиеся в космосе.

Могут существовать также голые черные дыры, в которые не попадает вращающийся газ. В этом случае астрономы не смогут обнаружить такую дыру, если только она не пройдет прямо перед звездой или галактикой, которую в данный момент наблюдают. Тогда можно предположить, что черная дыра существует, поскольку мы увидим влияние ее гравитации на внешний вид объекта на заднем плане. Но это очень редкое совпадение. Поэтому не очень-то на него рассчитывайте.

Искривления пространства и времени

Черную дыру определяют также как место, где структура пространства и времени сильно искривлена. *Прямая линия* — ее в физике определяют как путь, по которому свет движется в вакууме, — вблизи черной дыры становится кривой. И по мере приближения объекта к черной дыре с самим временем тоже происходят странные вещи, по крайней мере с точки зрения наблюдателя, находящегося на безопасном расстоянии.

Предположим, что, находясь на безопасном расстоянии, вы запустили автоматический космический зонд в черную дыру. На большой электронной панели сбоку от зонда высвечивается время, которое показывают его бортовые часы.

По мере того как зонд движется к черной дыре, вы наблюдаете за этими часами в телескоп. И вот вы видите, что чем ближе зонд подходит к черной дыре, тем все больше и больше отстают часы, замедляется время. На самом деле вы никогда не увидите момент, когда зонд попадет в черную дыру. Вы увидите, что он становится все краснее и краснее, поскольку мощная гравитация черной дыры смещает свет в красную область спектра. Через некоторое

время свет от электронной панели будет смещен в инфракрасный диапазон, который ваши глаза уже не воспримут. (Об эффекте Допплера и красном смещении читайте в главе 11.)

А теперь давайте представим, что вы увидели бы, находясь в самом зонде, направляющемся к черной дыре. (Только не пытайтесь это осуществить на самом деле.) Предположим, вы можете наблюдать за часами внутри зонда. И вот вы, несчастный астронавт, видите, что часы идут вполне нормально. И вам вовсе не кажется, что они хоть немного отстают. Когда вы выглядываете в иллюминатор, чтобы посмотреть на космический корабль-носитель и на звезды, то вам кажется, что на все вокруг действует фиолетовое смещение. И вам самому грустно от мысли о том, что вы никогда не вернетесь домой. Вы очень быстро, почти незаметно для себя, пересекаете невидимую границу вокруг черной дыры. Эта граница — горизонт событий; попав внутрь него, вы уже никогда не увидите ничего, что находится снаружи, как и никто снаружи никогда не увидит вас.

Наблюдателям на корабле-носителе будет казаться, что вы никогда не войдете в черную дыру; им кажется, что вы просто подлетаете все ближе и ближе. Но вы, находясь на космическом зонде, можете сказать, что попали прямо в черную дыру. Конечно, если к этому моменту вы еще сможете что-то сказать (т.е. останетесь в живых). В конце концов, все, что попадает в черную дыру, разрывается на части приливными силами, результатом действия мощнейшей гравитации черной дыры. Вы будете разорваны на части, по меньшей мере, в одном измерении. И, что еще хуже, в двух других пространственных измерениях приливные силы безжалостно вас сожмут.

Если вы войдете в черную дыру "вперед ногами", то вас растянет (если еще не разорвало на части), пока вы не станете достаточно высоким, чтобы стать центральным нападающим баскетбольной сборной (шутка). Но от живота до спины и от одного бока до другого вас сожмет так же, как невероятное давление в глубинах Земли сжимает уголь, превращая его в алмаз. И даже сильнее.

Черные дыры малой или звездной массы — самые смертоносные, так же как некоторые маленькие паучки ядовитее больших тарантулов. Если вы движетесь в черную дыру звездной массы, то вас разорвет на части и сожмет еще до того, как вы упадете внутрь, и вам не удастся увидеть исчезающую Вселенную перед тем, как все будет кончено. Попасть в сверхмассивную черную дыру совсем не так страшно. Начав падать внутрь горизонта событий, вы увидите меркнущий свет Вселенной, прежде чем вас накроют приливные силы.

Учитывая, что черные дыры окружают нас во Вселенной со всех сторон, становится понятно, почему ученые стараются обнаружить и изучить их, оставаясь при этом на безопасном расстоянии.

Определения квазаров

Существует по меньшей мере два определения квазаров — первоначальное и современное.

- ✓ **Первоначальное определение.** *Квазар* (quasar) — это сложносокращенное слово от выражения "квазизвездный источник радиоизлучения". Под этим термином имеется в виду небесный объект, который излучает сильные радиоволны, но в обычный телескоп (работающий в видимом диапазоне) выглядит как звезда (рис. 13.2).

  В этом первоначальном определении квазара нет ничего неправильного, за исключением следующего факта. Как оказалось, изо всех объектов, которые мы сегодня называем квазарами, этому определению соответствуют максимум 10%. А остальные 90% не излучают сильных радиоволн. Такие объекты астрономы называют радиоспокойными квазарами.

Рис. 13.2. Квазар (ниже и левее центра)

- ✓ **Современное определение.** *Квазар* — это яркий объект в центре галактики, который производит примерно в 10 триллионов раз больше энергии в секунду, чем наше Солнце, и чье излучение очень изменчиво во всем диапазоне длин волн.

Через несколько десятилетий поисков ответа на вопрос, что же такое квазары, астрономы пришли к выводу, что они являются "полномочными представителями" гигантских черных дыр в центре галактик. Вещество, попадающее в черную дыру, выделяет колоссальную энергию, и именно эти наблюдаемые источники энергии астрономы и называют квазарами.

Все квазары — мощные источники рентгеновского излучения. Примерно 10% из них излучают сильные радиоволны, и все они излучают в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазоне. Причем эти излучения меняются с течением недель, месяцев, лет, а иногда даже в течение одного дня.

Тот факт, что блеск квазаров существенно меняется в течение одного дня, дает в руки ученых чрезвычайно важную информацию: это значит, что размер квазара не больше одного *светового дня* (light-day), т.е. расстояния, которое проходит свет в вакууме за один день. А один световой день — это всего 26 миллиардов километров. Другими словами, квазар, который дает в 10 триллионов раз больше света, чем Солнце, или в 100 раз больше света, чем Млечный Путь, по размерам ненамного больше нашей Солнечной системы, которая составляет крошечную долю галактики.

Если бы размеры квазара намного превышали световой день, то с ним не происходили бы заметные изменения всего за такое короткое время — по аналогии, слон не может хлопать ушами так же быстро, как колибри взмахивает крыльями.

Квазары — это мощные источники радиоволн, в которых часто наблюдаются *струйные выбросы частиц* (или *джеты*) (jets), т.е. длинные узкие лучи, в которых энергия выбрасывается из квазаров в виде скоростных потоков электронов и, вероятно, других быстрых частиц. Как правило, эти выбросы неравномерны; по всей их длине видны выступающие пятна вещества. И иногда кажется, что эти пятна движутся быстрее скорости света. Это *движение со сверхсветовой скоростью* (superluminal motion) — иллюзия, связанная с тем, что эти потоки в подобных случаях почти в точности направлены на Землю; вещество в них действительно движется со скоростью, близкой к световой, но не быстрее света.

Во многих книгах говорится, что у квазара очень широкие линии в спектре, соответствующие красному и фиолетовому смещениям газа, движущегося внутри квазара со скоростью до 10 000 км/с. Но это утверждение не всегда верно. Существуют разные типы квазаров, и у некоторых нет широких спектральных линий.

Но широкие спектральные линии — это важная особенность многих квазаров и ключ к разгадке их отношений с другими объектами. (Более подробно об этом я расскажу в следующем разделе.)

Активные галактические ядра

В течение многих лет после открытия квазаров астрономы спорили о том, расположены ли они в галактиках. Сегодня мы знаем, что это действительно так, но только потому, что технологии усовершенствовались и можно с помощью телескопа получить изображение, на котором видны и квазар, и галактика вокруг него. Последняя называется *материнской галактикой* (host galaxy) этого квазара. Поскольку квазар может быть в 100 раз ярче, чем его материнская галактика, или даже еще ярче, он обычно затмевает свою галактику. Исследовать такие галактики можно с помощью цифровых фотоаппаратов, которые позволяют регистрировать звезды в более широком диапазоне яркости, чем обычные "пленочные" фотоаппараты.

Квазары — это высшая форма того, что астрономы сегодня называют *активными галактическими ядрами* (Active Galactic Nuclei — AGN). Этим термином обозначают центральный объект галактики, когда у него есть, так сказать, свойства квазара: внешний вид очень яркой звезды, очень широкие спектральные линии и заметные изменения блеска.

Вот основные термины, используемые для описания активных галактических ядер.

- ✓ **Радиогромкие квазары ("первоначальные квазары") и радиоспокойные квазары (90% квазаров или больше).** Это квазары, о которых говорилось в предыдущем разделе. Они похожи между собой и отличаются только наличием либо отсутствием сильного радиоволнового излучения. Эти квазары расположены в спиральных галактиках, таких как Млечный Путь. Правда, в Млечном Пути квазары пока не обнаружены, но есть доказательства наличия в центре галактики черной дыры, масса которой составляет примерно миллион солнечных масс.
- ✓ **Квазизвездные объекты (Quasistellar Objects — QSO).** Это общий термин для обозначения радиогромких и радиоспокойных квазаров. Некоторые астрономы называют и те, и другие квазары просто QSO.
- ✓ **Сейфертовские[2] галактики (Seyfert galaxies).** В центрах этих спиральных галактик находятся активные галактические ядра (AGN). Сейфертовское AGN во многом напоминает квазар, так как для него характерны широкие спектральные линии и быстрое изменение блеска. Активное галактическое ядро может быть таким же ярким, как его материнская галактика, но не может быть в 100 раз ярче ее, как квазар. Поэтому сияние сейфертовского AGN не затмевает материнскую галактику.

[2] *Карл Сейферт (Carl Seyfert) — американский астроном, которые первым исследовал галактики подобного типа и их яркие центры.*

- ✓ **Оптически переменные квазары (Optically Violently Variable Quasars — OVV).** Это квазары со струйными выбросами, направленными прямо в сторону Земли, для которых характерны еще более быстрые и резко выраженные изменения блеска, чем для обычных квазаров. Представьте, что несколько пожарных стараются направить шланг на человека в горящей одежде. Допустим, давление воды непостоянно, отчего вода выходит толчками, "импульсами". Наблюдателям со стороны кажется, что струя воды бьет довольно равномерно, но человек, которого поливают из шланга, чувствует каждое колебание напора воды. Так вот: OVV — это пожарные шланги в царстве квазаров.
- ✓ **Объекты типа BL Ящерицы (лацертиды) (BL Lacertae objects).** Объекты типа BL Ящерицы — это AGN, похожие на звезду BL Ящерицы. Блеск звезды BL Ящерицы меняется, и поэтому долгие годы считалось, что это еще одна переменная звезда в созвездии Ящерицы (на фотографиях звездного неба этот объект выглядит, как звезда). Затем выяснилось, что данный объект — мощный источник радиоволн; в конце концов его определили как активное ядро материнской галактики, которую оно затмевало своим сиянием.

  В отличие от большинства квазаров, в спектрах объектов типа BL Ящерицы нет широких линий. И их радиоволны поляризованы сильнее, чем радиоволны обычных радиогромких квазаров. Термин "поляризация" означает, что колебания волн во время их движения через космическое пространство имеют определенное направление. В то же время неполяризованные волны колеблются одинаково во всех направлениях. Поэтому, чтобы отличить радиогромкий квазар от объекта типа BL Ящерицы, нужно проверить поляризацию.
- ✓ **Блазары (blazars).** Это OVV и объекты типа BL Ящерицы вместе. Этот термин придумали, чтобы описывать с его помощью объекты обоих типов. Дело в том, что у OVV и объектов типа BL Ящерицы много общего. И у тех, и у других наблюдается сильное изменение блеска, и их потоки, видимо, направлены прямо в сторону Земли. И все они радиогромкие.

  Действительно ли нам нужен термин "блазары"? Я в этом не уверен. Мой друг д-р Хон-И Чу стал известным в научной среде после того, как придумал термин "квазар". А его друг, профессор Эдвард Шпигель, через несколько лет изобрел термин "блазар". Если вы откроете новый тип объектов или напишете о нем серьезный научный труд, то тоже сможете дать ему имя. Только предупреждаю заранее: делать это, просто добавляя окончание "-ар" к своему имени не разрешается. Термин должен описывать свойства объекта, а не астронома.
- ✓ **Радиогалактики (radio galaxies).** Существуют галактики с активными галактическими ядрами, которые не особенно яркие, но излучают сильные радиоволны. Большинство галактик с самым сильным радиоизлучением — это гигантские эллиптические галактики. Во многих случаях у них есть лучи или выбросы, которые переносят энергию от AGN к гигантским "выступам" радиоизлучения, где нет звезд, и которые намного дальше и намного больше самой материнской галактики.

Все эти различные типы активных галактических ядер имеют одну общую черту: их питает энергия, которая каким-то образом генерируется вблизи сверхмассивной черной дыры в центре галактики.

Рядом со сверхмассивной черной дырой звезды вращаются вокруг центра материнской галактики на огромной скорости. На основании этих скоростей астрономы определяют массу черной дыры. С помощью телескопов, таких как "Хаббл", они определяют скорости вра-

щающихся звезд, а иногда — вращающихся газовых облаков, используя эффект Допплера. А затем, зная скорости, определяют массу центрального объекта. Если бы черная дыра была менее массивной, то звезды на определенном расстоянии от центра вращались бы медленнее.

В случае квазара или гигантской радиогалактики эллиптического типа черная дыра обычно достигает миллиарда солнечных масс или даже в несколько раз больше. В сейфертовских галактиках масса черной дыры обычно составляет около миллиона солнечных масс.

Свет AGN возможен только за счет черной дыры, а точнее, за счет массы вещества, попадающего в нее. Чтобы квазар светился, черная дыра должна потреблять 10 солнечных масс вещества в год.

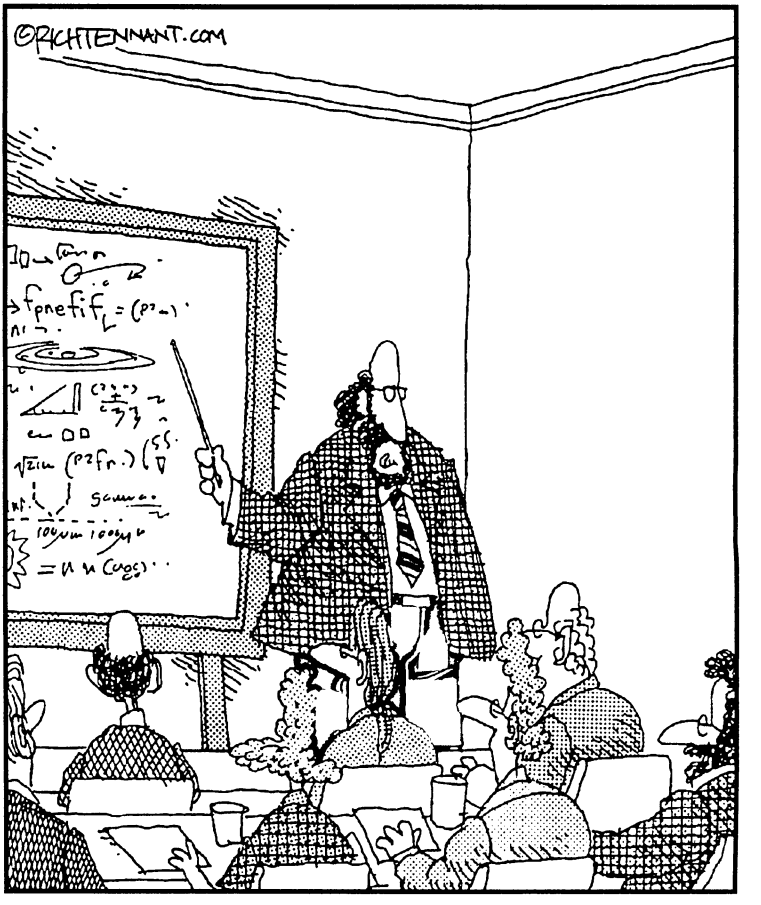
Если же вещество не попадает внутрь черной дыры, то она не обнаружит себя ярким сиянием, радиоизлучением или мощными рентгеновскими лучами. Итак, черные дыры дают свет только тогда, когда они сыты. В центре большинства галактик могут таиться сверхмассивные черные дыры, но в большинстве случаев им не хватает питания. Наверное, поэтому астрономы видят квазары или другие виды AGN в очень немногих галактиках.

Единая модель активного галактического ядра (Unified Model of Active Galactic Nuclei) — это теория, согласно которой все AGN одинаковы, но астрономы наблюдают их с различных стороны относительно аккреционных дисков и струйных выбросов. Кроме того, черные дыры "питаются" с разной скоростью; только по одной этой причине некоторые AGN ярче других. Десятки астрономов пишут статьи о единой модели каждый год, причем одни находят доказательства "за", а другие — "против".

Я думаю, что между различными типами AGN есть реальные отличия, но у них есть и много общих основных свойств. Поэтому, чтобы астрономы могли в конце концов объединиться вокруг теории единой модели или какой-нибудь другой, необходима дополнительная информация.

Часть IV

Эта удивительная Вселенная



"Наряду с "антиматерией" и "темной материей" мы недавно открыли существование "неважной материи", которая, похоже, не оказывает вообще никакого влияния на Вселенную".

В этой части...

Читайте эту часть, когда вам надоест повседневность и захочется увлечься идеями, будоражащими ум и подстегивающими воображение. Потягивая сок через соломинку, почитайте про SETI, т.е. программу поиска внеземного разума. Интересно, есть ли у ученых какие-то доказательства того, что эти маленькие зеленые человечки где-то рядом с нами? Почитайте про темную материю и антиматерию (да-да, антиматерия существует в реальном мире, а не только в научно-фантастических книгах). А потом охватите мысленным взором всю Вселенную и поразмышляйте о том, как она родилась, какая ее нынешняя форма и что с ней будет дальше.

Глава 14

SETI и планеты других солнц

В этой главе...

- Поиски внеземного разума
- Участие в программах SETI
- Поиски планет других звезд

Вселенная и безбрежна, и разнообразна. Но есть ли в этом звездном царстве, помимо нас, другие мыслящие существа? Все, кто смотрел "Звездные войны" и другие фильмы на эту тему, знают, как ответил на этот вопрос Голливуд: в космосе полно инопланетян (причем многие из них ухитрились довольно неплохо выучить английский).

Короче говоря, с Голливудом все ясно. Но что по этому поводу говорят ученые? Действительно ли инопланетяне где-то рядом с нами? Очень многие исследователи дают утвердительный ответ, причем некоторые из них даже занимаются поиском фактов и доказательств. Это называется программой SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence), т.е. поиском внеземного разума. Другие ученые ищут или собираются искать свидетельства существования жизни на Марсе, но программа SETI предполагает поиск развитых цивилизаций, способных посылать сигналы в космос.

Есть тут кто-нибудь?

Почему многие ученые разделяют оптимистическую точку зрения о возможности существования инопланетян?

По большей части этот оптимизм основан на следующем факте: наше место во Вселенной ничем не примечательно. Конечно, для нас Солнце — это важная звезда, но во Вселенной оно далеко не на главных ролях. В одной только галактике Млечный Путь таких солнц — десятки миллиардов. Если же эта цифра вас не впечатляет, подумайте о том, что в пределах досягаемости наших телескопов больше сотни миллиардов других галактик. Отсюда следует вывод: в видимой Вселенной солнцеподобных звезд больше, чем на Земле — травинок. И считать, что наша травинка — единственная, где происходит что-то интересное, было бы, мягко говоря, слишком дерзко и самонадеянно. И каким бы это ни было ударом по нашему самолюбию, планета Земля, скорее всего, не является разумным центром Вселенной.

Как же землянам найти своих братьев по разуму? Увы, мы не можем посетить их вероятные планеты. Полет к далеким звездным системам, хотя и стал обычным делом в научно-фантастических книгах, в жизни осуществить довольно сложно. Впечатляющая скорость наших земных ракет — 48 000 км/с, уже не так впечатляет, если учесть, что этой ракете понадобится сотня тысяч лет, чтобы долететь всего лишь до Альфы Центавра, ближайшей к Солнцу звезды. Что уж говорить о путешествии в глубины Вселенной! Конечно, более скоростные ракеты летели бы быстрее, но и потребляли бы больше энергии — причем *намного* больше.

SETI и уравнение Дрейка

Что ж, мы выяснили, что в гости к инопланетянам слетать не можем. Но зато мы можем найти доказательства существования технически высокоразвитых инопланетных цивилизаций, занимаясь "перехватом" их радиосигналов.

В 1960 году годах астроном Фрэнк Дрейк пытался прислушиваться к космическим сообщениям, используя радиотелескоп диаметром 26 м в Западной Вирджинии, направленный на пару солнцеподобных звезд. Телескоп был настроен на частоту 1420 МГц (СВЧ-диапазон радиочастот). Если вы смотрели фантастические фильмы, то знаете, что радиотелескоп похож на спутниковую тарелку, только он намного больше (рис. 14.1).

Рис. 14.1. Радиотелескоп

Фото Сета Шостака

Хотя в ходе реализации своего проекта "Озма" Дрейк не услышал никаких сигналов от инопланетян, это вызвало большой интерес и энтузиазм в научном сообществе. Через год, в 1961 году была проведена первая крупная конференция по SETI, и Дрейк попытался связать все неизвестные параметры в одном уравнении, которое теперь называют *уравнением Дрейка*. (Для тех, кто интересуется математикой, я приведу эту простую формулу во врезке "Уравнение Дрейка".) Его логика проста. Идея заключается в том, чтобы оценить N, количество цивилизаций в нашей галактике, которые в настоящее время используют радиосвязь. Очевидно, что N зависит от количества подходящих звезд в галактике, умноженного на долю тех звезд, у которых есть планеты, умноженное на … Более подробно об этом можно прочитать во врезке.

Уравнение Дрейка обычно вызывает большой интерес, поэтому вы можете произвести впечатление на друзей и знакомых, щегольнув им на вечеринке. Но хотя ученые примерно знают или могут надежно оценить значения первых нескольких параметров этой формулы (таких как скорость образования звезд и доля звезд, действительно имеющих планеты), у нас

нет никаких достоверных сведений о таких составляющих, как доля планет, на которых развивается разумная жизнь, или продолжительность жизни технологических цивилизаций. Поэтому уравнение Дрейка по-прежнему не дает никакого ответа на интересующий нас вопрос. Это просто отличный способ организовать дискуссию о SETI.

Уравнение Дрейка

Изящную компактную формулу Фрэнка Дрейка часто используют в качестве основы для дискуссий на тему SETI и вероятности того, что когда-нибудь произойдет контакт человеческих существ с разумными инопланетянами. Это уравнение достаточно простое, понять его способен даже школьник.

Попробуем вычислить *N*, количество цивилизаций в галактике Млечный Путь, способных посылать радиосигналы. Существует несколько вариантов уравнений Дрейка, но мы рассмотрим самый распространенный и знаменитый из них:

$$N = R^* f_p n_e f_l f_j f_c L$$

где R^* — это скорость образования в галактике долгоживущих звезд, у которых могут быть обитаемые планеты. Поскольку в Млечном Пути примерно 400 миллиардов звезд, а его возраст — около 10 миллиардов лет, R^* составляет приблизительно 40 звезд в год;

(Помните: примерно одна из 10 звезд по размерам и светимости достаточно похожа на Солнце, чтобы ее можно было считать подходящей на роль звезды (солнца), вокруг которой вращаются обитаемые планеты.)

f_p — это доля подходящих звезд, у которых есть планеты. Никто не знает, чему равно это значение, но оно составляет по меньшей мере 3%, а может быть, и больше;

n_e — это количество планет в "солнечной системе" (имеется в виду не наша, а другие солнечные системы), на которых возможно возникновение жизни. Для нашей Солнечной системы это значение равно, по меньшей мере, единице (Земля), но кто знает, чему оно равно для других солнечных систем. Обычно это значение принимают равным 1;

f_l — это доля пригодных для жизни планет, на которых уже развивается жизнь. Вполне разумно предположить, что это справедливо для большинства таких планет;

fj — это доля "жизненных" планет, на которых развивается разумная жизнь. Это очень спорный вопрос, потому что разум, вполне возможно, — редкая случайность в биологической эволюции;

f_c — это доля разумных сообществ, которые технологически развиты и используют радиосвязь. Вероятно, это справедливо для большинства разумных цивилизаций;

L — это продолжительность жизни цивилизаций, использующих радиосвязь. Конечно, это вопрос скорее социологии, а не астрономии, и понятно, что оценить этот параметр очень сложно.

Таким образом, значение *N*, вычисленное по формуле Дрейка, зависит от выбора значений перечисленных параметров. Пессимисты считают, что *N* равно всего единице, т.е. мы одиноки в галактике Млечный Путь. А вот знаменитый астроном Карл Саган считал, что *N* приблизительно равно миллиону. А что же говорит по этому поводу сам Фрэнк Дрейк? Его вывод: "Около десяти тысяч". Ну что ж, да здравствует умеренность во всем!

Поиски внеземного разума сегодня

Почти все современные исследователи, занимающиеся программой SETI, идут по стопам Фрэнка Дрейка. Другими словами, они используют большие радиотелескопы, пытаясь услышать сигналы от внеземных цивилизаций.

В отличие от световых, радиоволны легко проникают сквозь газо-пылевые облака, заполняющие межзвездное пространство. К тому же радиоприемники стали очень чувствительными. Количество энергии, необходимой для отправки обнаружимого сигнала от одной звезды к другой, не больше того, которое потребляет ваша местная телестанция, — при условии, что у инопланетян есть передающая антенна диаметром в сотню метров.

Проект Phoenix

На сегодня самым эффективным в исследованиях SETI считается проект Phoenix, проводимый Институтом SETI в Маунтин-Вью, штат Калифорния. Этот проект можно назвать "наследником" программы SETI, которую проводило NASA и которая была прекращена Конгрессом США в 1993 году (с тех пор все исследования в рамках программы SETI в США финансировались частным образом.)

Проект Phoenix — это единственный крупномасштабный эксперимент в рамках SETI, в ходе которого изучают отдельные звезды. В других проектах с помощью телескопов "прочесывают" большие участки неба. Конечно, метод такого широкого охвата позволяет ученым получить больше информации о космосе. Но если сосредоточиться только на ближайших солнцеподобных звездах (как в проекте Phoenix), можно достичь большей чувствительности наблюдений, т.е. обнаруживать гораздо более слабые радиосигналы. В настоящее время эти исследования проводятся с помощью радиотелескопа в Аресибо (Пуэрто-Рико), диаметром примерно 300 м. Это крупнейший радиотелескоп в мире (рис. 14.2).

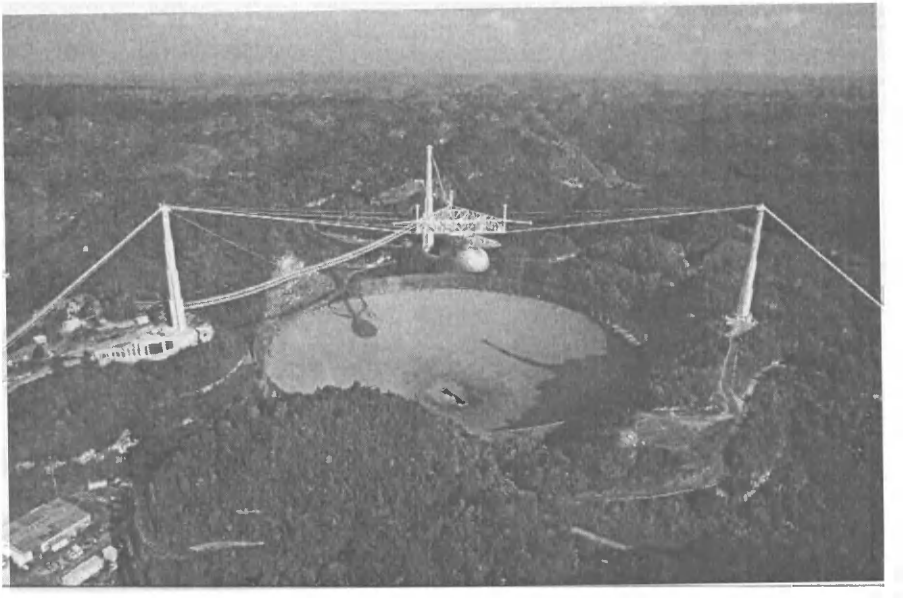


Рис. 14.2. Огромный радиотелескоп в Аресибо

Фото Сета Шостака

В ходе проекта Phoenix ищут радиосигналы в микроволновом диапазоне. Микроволны, наряду с их способностью превращать объедки во вкусную пищу, считаются самым вероятным диапазоном для использования инопланетянами по следующим двум причинам.

- ✓ Во Вселенной мало микроволновых звуков, т.е. они не столь "естественны", как остальные. И инопланетяне тоже должны это понимать.
- ✓ Естественный сигнал, генерируемый молекулами водорода, имеет частоту 1420 МГц. И поскольку водород — самый распространенный элемент в космосе, любой инопланетный радиоастроном знает об этом естественном индикаторе, и не сможет удержаться от того, чтобы привлечь наше внимание (или внимание любой другой цивилизации в космосе), послав сигнал примерно на этой частоте.

Но давайте смотреть фактам в лицо. На самом деле ученые не знают *точно*, на какую именно частоту инопланетяне настраивают свои передающие устройства. Поэтому в ходе проекта Phoenix проверяют много миллионов каналов одновременно (миллиарды каналов для каждой исследуемой звезды). На рис. 14.3 показана часть SETI-приемника, который используется в проекте Phoenix.

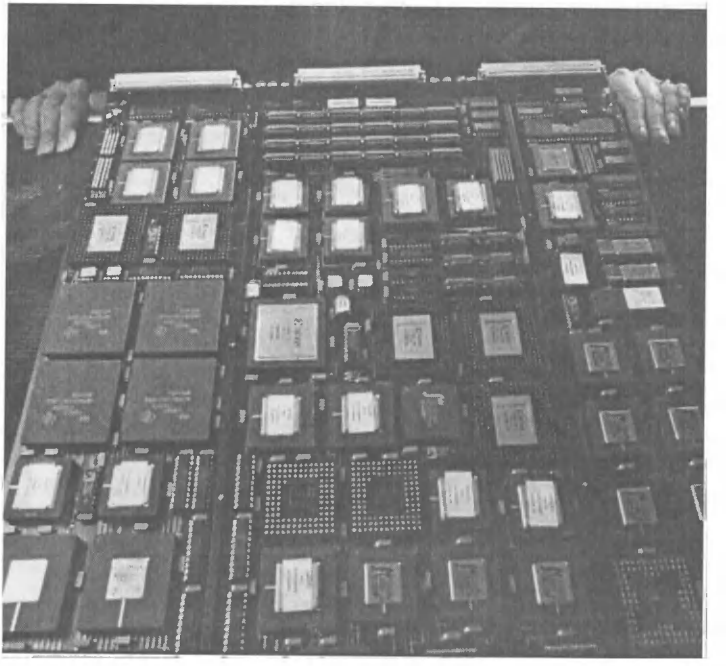


Рис. 14.3. Приемник SETI предназначен для поиска сообщений от инопланетян

Если предположить, что исследователи получат сигнал из космоса, то как мы распознаем его? Исследователи SETI предлагают искать сигналы из узкой полосы частот (рис. 14.4). Дело в том, что только передатчики могут передавать узкополосные сигналы. Квазары, пульсары и даже холодный водородный газ — все они генерируют радиоволны. Но их естественные сигналы имеют самую разную частоту, т.е. они распределены по всему спектру радиочастот. А узкополосные сигналы — это признак передающего устройства. А передающие устройства — признак разума. Ведь, чтобы создать передатчик, нужен разум.

Другие проекты SETI

Помимо проекта Phoenix, существует несколько других программ в рамках SETI.

- ✓ Planetary Society (Планетарное общество) финансирует проекты BETA (Billion-Channel Extraterrestrial Assay — Поиск внеземных цивилизаций с помощью многоканальных приемников) и META (Mega-Channel Extraterrestrial Assay — Поиск внеземных цивилизаций с помощью мегаканальных приемников), проводимые с помощью радиотелескопов, расположенных недалеко от Бостона и в Аргентине.
- ✓ В проекте SERENDIP (Search for Extraterrestrial Radio Emissions from Nearby Developed Intelligent Populations — Поиск внеземных радиосигналов от соседних развитых разумных цивилизаций), проводимом Калифорнийским университе-

том в Беркли, используется телескоп в Аресибо в режиме "комбинирования". Ученые берут второй, неиспользуемый, приемник телескопа и просто принимают случайные сигналы от тех участков неба, на которые направлен телескоп. Этот метод, при его кажущейся бессмысленности, позволяет постоянно собирать информацию: почти каждый день в течение всего дня.

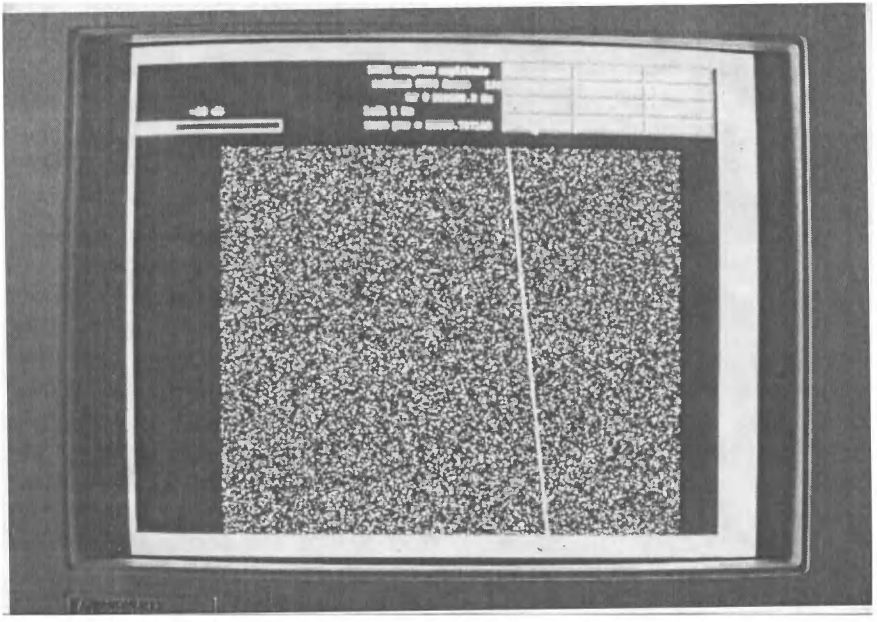


Рис. 14.4. Глядя на этот экран системы обнаружения, участники проекта Phoenix ищут в космосе признаки разума

- ✓ Метод комбинирования используется также в проекте Southern SERENDIP, проводимом SETI Australian Centre (Австралийским центром SETI) в Новом Южном Уэльсе. Исследователи используют 70-метровый радиотелескоп в Парксе, в нескольких сотнях километров к западу от Сиднея.
- ✓ Кроме того, SETI League (Лига SETI), находящаяся в живописном Нью-Джерси, принимает в свои ряды радиолюбителей, чтобы они использовали свои спутниковые антенны для поиска разумных инопланетян.

У всех главных программ SETI есть свои Web-сайты. Ссылки на них можно найти на сайте Института SETI по адресу `www.seti.org` или на Web-странице Планетарного общества по адресу `seti.planetary.org`.

Вы нужны программе SETI!

Еще один адрес, который стоит внимательно выписать из этой книги, — адрес проекта SETI@home: `setiathome.ssl.berkeley.edu`. SETI@home — это составная часть проекта SERENDIP. Если вы заглянете на их сайт, то сможете бесплатно загрузить специальную компьютерную программу, сделанную в виде шикарной экранной заставки и работающую, только когда компьютер находится в ждущем режиме. После того как вы установите эту программу на своем компьютере, ваш модем будет периодически соединяться с сервером в Берк-

ли, чтобы получить порцию данных проекта SETI. Затем программа обработает эти данные в поисках сигналов, а через несколько дней (в зависимости от того, как часто вы оставляете компьютер в ждущем режиме), результаты будут выгружены обратно на сервер.

И хотя ваши шансы обнаружить сигнал инопланетной цивилизации невелики, все же они не равны нулю. Кто знает? Возможно, вам суждено есть фрикадельки со шведским королем после вручения Нобелевской премии.

"Горячие юпитеры", или правда о внесолнечных планетах

Как вы помните, один из параметров знаменитой формулы Дрейка — f_p, доля солнцеподобных звезд, у которых есть планеты. Десятки лет ученые считали, что планет в нашей галактике — великое множество, просто потому, что после рождение звезды неизбежно остается материал — мешанина из газа и пыли, которая может превратиться в небольшие планеты, вращающиеся вокруг своей звезды.

Но на деле найти планеты, вращающиеся вокруг звезд, оказалось нелегко. Если просто направить телескоп на ближайшую звезду в надежде увидеть ее планеты, то ничего не выйдет. Планеты слишком тусклы и слишком близки к ослепительному источнику света (их солнцу). Чтобы в полной мере понять сложность данной задачи, представьте, что вы пытаетесь разглядеть бусинку, находящуюся в 30 метрах от электрической лампочки, с расстояния 16 тысяч километров.

Но, несмотря на эти обескураживающие сложности, астрономы все-таки нашли *внесолнечные планеты* (т.е. планеты других звезд, за пределами Солнечной системы; их еще называют *экзопланетами*), причем не по фотографиям, а с помощью расчетов движения их "материнских" звезд.

Планеты и звезды вращаются вокруг своего общего центра масс, а это значит, что движутся и те, и другие. И во время этого движения под влиянием взаимной гравитации звезда притягивает планету, заставляя ее двигаться, а планета притягивает звезду, тоже заставляя ее двигаться. Конечно, масса планеты намного меньше массы звезды, поэтому ответное движение звезды обычно невелико — она проходит, наверное, всего 80 км в час (по сравнению с планетой, которая может пройти 16 000 км в час или даже больше). Используя чувствительные спектроскопы на больших телескопах, астрономы искали проявления небольшого эффекта Допплера (см. главу 11), который должно оказывать на свет звезды ее медленное покачивание. И теперь ученые уже нашли несколько десятков звезд, чье ленивое покачивание выдает наличие у них планет.

Маленький теплый мир звезды 51 Пегаса

Осенью 1995 года два шведских астронома, Мишель Майор и Дидье Квелоц, объявили об открытии первой внесолнечной планеты, вращающейся вокруг нормальной (т.е. солнцеподобной) звезды. Это открытие вызвало большое волнение в научном мире, главным образом, потому, что новая планета мчалась вокруг своей звезды (51 Пегаса) с головокружительной скоростью, делая полный оборот всего за 4 дня. Отсюда следует, что она находится на расстоянии всего каких-нибудь несчастных 8 миллионов километров от своей звезды (рис. 14.5). Это в 8 раз меньше расстояния от Меркурия до Солнца, а значит, температура на планете достигает примерно 1000 °С. Колебания этой звезды, происходящие с периодом 4,23 суток, говорят о том, что они вызваны влиянием планеты с массой, равной по меньшей мере половине массы Юпитера. Естественно, новую планету вскоре прозвали *горячим юпитером*.

В течение четырех лет после открытия горячей планеты у звезды 51 из созвездия Пегаса были открыты примерно два десятка других внесолнечных планет, причем почти все — с помощью спектроскопических измерений допплеровского смещения. Оказалось, что очень многие из этих вновь открытых планет тоже относятся к "горячим юпитерам", так как это массивные планеты, сжимающие свое солнце в объятиях крепче, чем любящая мамаша.

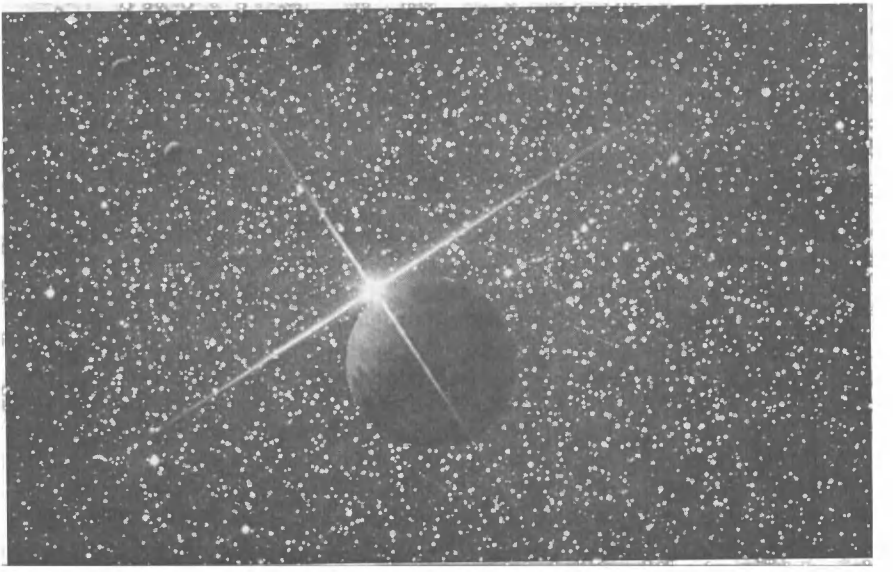


Рис. 14.5. Представление художника о том, насколько новая планета должна быть близка к своему солнцу

Но кажется невероятным, чтобы все эти горячие и тяжелые планеты с самого начала двигались по нынешним "жарким" орбитам. Дело в том, что большим планетам намного легче образоваться на сумрачных окраинах "солнечной системы". Более низкие температуры и возможности накопления материала в этих призрачных районах способствуют быстрому превращению ледяных осколков в общую массу, т.е. их слипанию и образованию больших планет. Но после рождения взаимодействие этих планет с оставшимся газо-пылевым материалом может привести к тому, что они покидают свой "дом" и устремляются в огненные области вблизи своего обжигающего солнца.

Никто не знает, что не дает этим тяжеловесам и любителям жары упасть на свои звезды. Возможно, планеты поднимают волны горячего газа на внешней поверхности звезды, а гравитационное влияние этих приливов не дает планетам спикировать на звезды. Но это всего лишь теория, и астрономы честно признают, что и рождение, и окончательная судьба "горячих юпитеров" — это феномены, которые мы пока просто не в состоянии понять и объяснить.

Система Ипсилон Андромеды

В 1999 году Джефф Мэрси, Пол Батлер и их сотрудники (они открыли многие из новых планет, обнаруженных после 1995 года) объявили, что не одна, а целых три большие планеты вращаются вокруг звезды Ипсилон Андромеды. Это открытие они сделали после тщательного анализа едва заметного покачивания звезды.

Ипсилон Андромеды — это звезда типа *F*, находящаяся на расстоянии 44 световых лет от Земли. Таким образом, она стала первой нормальной звездой, помимо Солнца, имеющей настоящую планетную систему. Заметим, что и в этом случае планеты очень массивные — больше, чем 0,7; 2,1 и 4,6 масс Юпитера. Но не все они слишком близки к солнцу. Радиусы орбит двух внешних планет сравнимы с радиусами орбит Венеры и Марса.

Планеты, пригодные для жизни?

Конечно, приятно сознавать, что существует множество планет, на которых могли бы обитать разумные существа. Но все же открытия новых планет слегка обескураживают. В конце концов, "горячие юпитеры" (или холодные, не имеет значения) трудно назвать благоприятными для развития "биологической жизни". И если эти слишком большие планеты — типичные представители планет галактики, то землянам не стоит рассчитывать на большую компанию инопланетных цивилизаций.

Впрочем, такое положение дел маловероятно. Метод, используемый для нахождения планет, — поиск допплеровского смещения в спектре звезд — идеально подходит именно для открытия гигантских планет, близко расположенных к своим звездам, т.е. "горячих юпитеров". Такой поиск можно сравнить с исследованием африканской саванны с вертолета. Конечно, слонов и носорогов вы увидите, а вот мышей и комаров — вряд ли. Ученые нашли большие планеты, потому что это легче всего. Возможно, малых планет очень много, но пока мы не создадим телескопы нового типа, открыть их будет очень трудно.

Если вас интересуют самые последние новости о поиске внесолнечных планет, посетите сайт по адресу `cfa-www.harvard.edu/planets`, где есть также ссылки на многие другие сайты по этой теме.

Поиски продолжаются

Хотя поиск радиосигналов — это излюбленный метод SETI-сообщества, ученые демонстрируют растущий интерес к поиску сильных световых сигналов от звезд. Мощные лазеры, особенно работающие в инфракрасном диапазоне, могут генерировать невероятно яркие кратковременные вспышки света. Эти вспышки способны даже затмить Солнце примерно на триллионную долю секунды (по крайней мере в диапазоне излучения лазера). Вполне возможно, что инопланетяне пытаются привлечь наше внимание, направляя мощные лазеры в нашу сторону. Первые неуверенные шаги в программе Optical SETI (Поиск внеземных цивилизаций в оптическом диапазоне), уже сделаны.

Минуло больше 40 лет с тех пор, как Фрэнк Дрейк сделал первые попытки познакомить нас с инопланетянами. Но с тех пор наши телескопы не перехватили ни одного подтвержденного инопланетного сигнала. Правда, нужно признать, что до настоящего времени возможности поиска были весьма ограничены. С дальнейшим развитием технологий (и, надеемся, увеличением финансирования) шансы на успех будут возрастать. И, возможно, очень скоро в один прекрасный день мы будем ломать голову над сигналом, пришедшим из холодных глубин Космоса. Наверное, это будет важный урок для нас. Мы задумаемся о смысле жизни или, по меньшей мере, о законах физики. Но, самое главное, мы наконец узнаем, что не одиноки во Вселенной.

Эта глава была написана в сотрудничестве с д-ром Сетом Шостаком, специалистом по общественным программам института SETI в Маунтин-Вью, штат Калифорния.

Глава 15

Темная материя и антиматерия

В этой главе...

- Зачем нужна темная материя
- Природа темной материи
- Поиск таинственной материи
- Что такое антиматерия

Звезды и галактики — это сияющие россыпи в ночном небе, но эти великолепные бриллианты составляют всего лишь незначительную долю всей материи космоса. Оказывается, во Вселенной намного больше материи, которую мы не видим.

В этой главе вы узнаете, что такое темная материя, почему астрономы уверены в ее существовании и какие эксперименты могут пролить свет на природу этого таинственного, невидимого вещества. Я расскажу также еще об одном экзотическом типе материи во Вселенной — антиматерии. Да, антиматерия существует в реальном мире, а не только в фантастических книгах. Причем реальность не менее поразительна, чем фантастические книги, телевизионные шоу и кинофильмы на эту тему.

Темная материя: то, что соединяет галактики

Уже в 1930-х годах астрономы обнаружили признаки того, что по меньшей мере 90% массы Вселенной не излучает света. Этот невидимый материал, называемый *темной материей* (dark matter), считается тем гравитационным клеем, который не дает звездам стремительно вращающейся галактики, как и галактикам скопления, разлететься в разные стороны. Похоже, что темная материя также сыграла решающую роль в том, что Вселенная стала такой, какой мы ее знаем сегодня, — паутиной из невероятно длинных сверхскоплений галактик, разделяемых гигантскими пустотами (см. главу 12). И, быть может, именно темная материя определяет судьбу Вселенной.

Что скрывается за недостатком массы

Первый намек на то, что во Вселенной есть темная материя, появился в 1933 году. Изучая движения галактик внутри большого скопления галактик в созвездии Волос Вероники, астроном Фриц Цвикки из Калифорнийского технологического института обнаружил, что некоторые галактики движутся с необычно высокой скоростью. И в самом деле, эти галактики из созвездия Волос Вероники двигались так быстро, что по всем законам физики выходило: все видимые звезды и газ в скоплении не сумели бы обеспечить такую связь между галактиками, чтобы те не разлетелись в разные стороны. И, тем не менее, со скоплением ничего не происходило, оно оставалось прежним.

Отсюда Цвикки заключил, что в созвездии Волос Вероники может существовать какая-то невидимая материя, восполняющая недостаток гравитации.

Но не менее удивительным, чем данный вывод, оказалось то, что в течение нескольких последующих десятилетий о темной материи не было никаких сенсационных статей в прессе. Многие астрономы считали, что, поскольку движение галактик изучено очень подробно, для "изобретения" невидимой материи нет никаких оснований. Но в 1970-х годах появились более убедительные доказательства существования темной материи. Выходило, что она есть не только в звездных скоплениях, но и в отдельных галактиках. В следующих разделах приведены основные аргументы в пользу существования темной материи.

Внешние и внутренние звезды движутся одинаково быстро

Вера Рубина и Кент Форд из Института Карнеги в Вашингтоне, округ Колумбия, изучали движение звезд в сотнях спиральных галактик и внезапно получили результат, казалось бы, противоречащий традиционным законам физики. Спиральная галактика напоминает плоскую яичницу, причем бо́льшая часть ее массы, по всей видимости, сосредоточена в "желтке"; астрономы называют это *балдж* (см. главу 12). Полученные изображения показывают, что видимая масса спирали быстро уменьшается с увеличением расстояния от балджа.

Ученые, естественно, ожидали, что звезды в спиральной галактике вращаются вокруг этого массивного центра так же, как планеты в нашей Солнечной системе вращаются вокруг Солнца. По открытому Ньютоном закону всемирного тяготения, внешние планеты, такие как Плутон и Нептун, вращаются вокруг Солнца медленнее, чем внутренние планеты, такие как Меркурий. Венера и Земля. Отсюда следует, что звезды на окраине спиральной галактики должны двигаться по орбитам медленнее, чем звезды, расположенные вблизи балджа. Однако Рубина и Форд получили иной результат.

Изучая галактику за галактикой, они обнаруживали, что внешние звезды движутся очень быстро, почти так же быстро, как и внутренние звезды. Как при столь малом количестве видимого вещества во внешних районах внешние звезды ухитряются мчаться так быстро и при этом не отрываться от галактики? При таких скоростях они давно должны были бы оторваться и улететь!

И астрономы пришли к выводу, что *видимая материя* (visible matter) — звезды и светящийся газ, которые запечатлены на фотографиях, сделанных с помощью телескопа, — составляют только малую долю общей массы спиральной галактики.

Хотя видимая масса действительно сосредоточена в центре, далеко за его пределами должно находиться огромное количество другого вещества. Каждую спиральную галактику должно окружать огромное *гало* темной материи. И чтобы оказывать достаточное гравитационное воздействие на звезды, находящиеся на видимых окраинах галактики, темная материя должна по массе превосходить видимую по меньшей мере в 100 раз. Другие типы галактик (эллиптических и неправильных) тоже имеют гало из темной материи.

Холодной темной материи в космосе очень много

Космологи (ученые, изучающие крупномасштабную структуру Вселенной и вопросы ее формирования) также ссылаются на темную материю в попытке объяснить главную тайну Вселенной: как из почти однородного "бульона" элементарных частиц, появившегося в результате Большого Взрыва (о котором я расскажу в главе 16), образовалась нынешняя "комковатая" структура Вселенной, состоящей из скоплений галактик и сверхскоплений?

И хотя с момента рождения Вселенной прошло примерно 15 миллиардов лет, этого времени недостаточно для того, чтобы видимая материя самостоятельно объединилась в гигантские космические структуры, которые мы наблюдаем сегодня.

Чтобы разрешить эту космологическую головоломку, ученые выдвинули гипотезу о том, что во Вселенной есть особый тип темной материи, *холодная темная материя* (cold dark matter),

которая движется медленнее и группируется быстрее, чем обычная, видимая материя. В ответ на притяжение этого экзотического вещества обычная материя формирует звезды и галактики внутри мест самой плотной концентрации этой темной материи. Эта теория объясняет, почему все видимые галактики, похоже, находятся внутри гало из собственной темной материи.

Вселенная в значительной степени однородна

Астрономы верят в темную материю по еще одной "космической" причине: Вселенная, в крупном масштабе, выглядит одинаковой во всех направлениях и в целом однородна. Такое постоянство внешнего вида говорит о том, что Вселенная имеет как раз нужную плотность материи, называемую *критической плотностью* (critical density). По всей видимости, общего количества видимой материи, имеющегося во Вселенной, далеко недостаточно, чтобы достичь критической плотности. Этот недостаток и должна восполнять темная материя. И именно от количества темной материи зависит, будет ли Вселенная расширяться вечно или наступит поворотный момент, после которого она начнет сжиматься.

Темной материи больше 90%

Если предыдущие рассуждения верны, то по меньшей мере 90% (а может быть, даже 99%) материи во Вселенной — это темная материя. В это трудно поверить, не правда ли?

Эта огромная Вселенная, с ее мириадами звезд и галактик, — всего лишь незначительная доля материи, находящейся вокруг нас! Если использовать аналогию с морем, то галактики — это морская пена, а темная материя — безбрежный невидимый океан, в котором они плавают.

Что такое темная материя

Ну хорошо, есть много убедительных причин, заставляющих верить в существование темной материи. Но что она собой представляет?

Вообще говоря, астрономы поделили возможные виды темной материи на два класса — барионная темная материя и странная темная материя.

Барионная темная материя, или глыбы в космосе

Темная материя первого вида может состоять из того же материала, что и Солнце, планеты и люди. Это привычная нам барионная материя. А барионы — это элементарные частицы, относящиеся к тому же классу, что и протоны и нейтроны, находящиеся в ядрах атомов.

Барионная темная материя (baryonic dark matter) может содержать фрагменты любого трудно различимого материала, включая пыль, астероиды, коричневых карликов (неудавшиеся звезды) или белых карликов (холодные угасшие ядра солнцеподобных звезд). Такие глыбы материала, которые иногда называют MACHO (Massive Compact Galo Objects — массивные компактные объекты гало) могут составлять гало, окружающие отдельные галактики. Однако этого далеко недостаточно, чтобы объяснить формирование крупномасштабных структур в космосе.

Странная темная материя

А темная материя второго типа может содержать множество необычных и экзотических, придуманных физиками субатомных частиц, которые очень мало или совсем не похожи на барионы. К этим частицам относятся *нейтрино*, которые действительно существуют, а также другие частицы — аксионы, скварки и фотино, которых пока еще не открыли.

Во время Большого Взрыва — потрясающего извержения энергии, в результате которого родилась Вселенная, — возможно, было создано множество странных "темноматериальных" частиц, из которых впоследствии осталось всего несколько. Сюда относится *аксион* (axion), представляющий собой что-то вроде миниатюрной черной дыры; он легче электрона в 100 мил-

лиардов раз. И хотя аксионы очень легки, если их будет достаточно много, то они внесут значительный вклад в увеличение космической массы. Недавние эксперименты показывают, что нейтрино (частицы, которые, как раньше думали, имеют нулевую массу) на самом деле имеют массу и тоже могут вносить свой небольшой вклад в общую массу темной материи.

Другие кандидаты на роль представителей странной темной материи более тяжелые — их масса примерно в 10 раз больше массы протона, но все равно они слишком легки, если только не присутствуют в очень больших количествах. Сюда относятся также еще не открытые "партнеры" таких субатомных частиц, как *кварки* (quark) и *фотоны* (photon); их называют *скварки* (squark) и *фотино* (photino) соответственно. Собирательное название всей этой экзотики — *слабо взаимодействующие массивные частицы* (Weakly Interacting Massive Particle — WIMP).

В поисках темной материи

Физики всего мира разрабатывают чувствительные детекторы, позволяющие обнаруживать неуловимые, но неопровержимые признаки темной материи. Некоторые ученые анализируют осколки субатомных частиц, полученные в гигантских ускорителях ядерных частиц, где можно быстро воссоздать условия (температуру, энергию, плотность), которые были на заре формирования Вселенной.

Но методы поиска должны быть новаторскими. В конце концов, ученые ищут вещество, которое по определению нельзя увидеть и которое, если не считать тяготения, никак не взаимодействуют с другой материей.

Следы WIMP-частиц

Давайте подумаем, сколько усилий нужно приложить, чтобы найти WIMP. Эти слабо взаимодействующие частицы нельзя удержать ни в одном контейнере, но зато ученые могут искать доказательства того, что они проходят сквозь детектор. Когда WIMP-частица проносится мимо, она слегка нагревает один из атомов детектора, придавая ему небольшую дополнительную энергию. Но такие соударения редки. В типичном лабораторном детекторе такой случай может произойти только один раз за много дней.

К сожалению, космические лучи, энергетические частицы, которые летят к нам из космоса со всех сторон, могут имитировать действие WIMP-частиц. Поэтому, чтобы минимизировать бомбардировку космическими лучами, детектор помещают в подземный туннель. Естественное радиоактивное излучение, исходящее от стен туннеля, также может нагревать атомы, поэтому детектор экранируют — помещают в свинцовый кожух. И чтобы снизить колебания атомов, вызванные увеличением их энергии при высоких температурах, детектор охлаждают до температуры абсолютного нуля.

MACHO делают изображение более светлым

Поскольку MACHO — это протяженные, огромные объекты, искать их намного легче. Основной метод следует из общей теории относительности Эйнштейна. Напомню: масса искажает пространство и путь световой волны. Это означает, что объект, который волей случая оказался на одной линии зрения между Землей и далекой звездой, сфокусирует свет этой звезды, и на короткое время ее блеск увеличится. Причем чем массивнее объект — в данном случае, MACHO, — тем ярче будет звезда во время выравнивания по одной линии.

В сущности, MACHO ведут себя, как миниатюрные гравитационные линзы, или микролинзы, искажая и усиливая свет от звезды на заднем плане. (Более подробно о микролинзировании говорилось в главе 11.)

В поисках MACHO астрономы следили за блеском звезд из Большого Магелланова Облака, одного из ближайших соседей Млечного Пути. Чтобы достичь Земли, свет звезд от Облака должен пройти сквозь гало Млечного Пути, и находящиеся там MACHO должны оказывать заметный эффект на этот свет.

Астрономы зарегистрировали несколько случаев, когда звезды из Большого Магелланова Облака внезапно становились ярче, а затем — снова тусклыми. Но количество MACHO, выведенное на основе этих наблюдений, совсем невелико.

Темную материю можно нанести на карту

Гораздо шире ученые пользуются эффектом гравитационного линзирования, чтобы составить карту темной материи для целых галактик или даже скоплений галактик.

Если скопление окажется на пути световых лучей от галактики, находящейся на заднем плане, то оно исказит и искривит эти лучи — эффект *гравитационного линзирования*, создавая несколько изображений объекта заднего плана. Гало этих призрачных изображений формируется вокруг границ скопления, с точки зрения наблюдателей с Земли.

Чтобы создать некоторый рисунок наблюдаемых призрачных изображений, масса вставшего на пути света скопления должна быть распределена определенным образом. И, поскольку бо́льшую часть массы скопления составляет темная материя, этот метод позволяет выяснить, как темная материя распределена в скоплении.

Темная материя имеет значение

Все методы обнаружения и измерения темной материи являются косвенными, а попытки понять, что она собой представляет, — это непростое дело. Будучи преобладающей формой материи, темная материя оказывает глубокое влияние на прошлое, настоящее и будущее Вселенной.

Антиматерия: противоположности притягиваются

Но есть еще один тип материи, почти такой же странной, как темная материя. Правда, некоторые считают, что она еще более странная. Ее называют антиматерией.

Существование *антиматерии* (antimatter) было предсказано в 1929 году английским физиком Полом Дираком, которому удалось объединить теории квантовой механики, электромагнетизма и относительности в одном изящном наборе математических уравнений. (Если вы хотите больше узнать об этих теориях, ищите соответствующие книги по физике.) Дирак обнаружил, что у каждой субатомной частицы должен существовать "зеркальный двойник" с такой же массой, но с противоположным электрическим зарядом. Примеры таких пар: протон и антипротон, электрон и антиэлектрон.

Когда частица и ее античастица сталкиваются, они уничтожают одна другую, т.е. происходит аннигиляция. Тогда электрические заряды нейтрализуются, а их массы преобразуются в чистую энергию.

Античастицы электрона и протона астрономы обнаружили в космических лучах, идущих из дальнего космоса. Антиэлектрон называется *позитроном* (positron), а антипротон — просто *антипротоном* (antiproton). Сейчас проводятся также эксперименты по поиску в косми-

ческих лучах *антигелия* (antihelium). Физики смогли получить в лабораторных условиях античастицы и даже целые антиатомы, например антиводород. Врачи используют лучи античастиц для диагностирования и лечения рака.

Астрономы, изучавшие идущие из космоса гамма-лучи, наблюдали такую форму света, как аннигиляционное излучение. У гамма-излучения длина волны короче, а энергия — больше, чем у рентгеновского излучения. Когда электрон и его античастица, позитрон, сталкиваются, они аннигилируют, и при этом выделяются гамма-лучи известной длины волны. Было обнаружено, что эти "сигнальные" лучи идут из нескольких мест нашей галактики, включая широкий район, находящийся в направлении центра Млечного Пути. Было обнаружено также аннигиляционное излучение, имевшее место в результате нескольких очень мощных солнечных вспышек.

А если говорить о космических масштабах, то возникает вопрос: почему во Вселенной частиц намного больше, чем античастиц. В настоящее время проводятся эксперименты, чтобы выяснить, почему это так. Предположительно, в результате Большого Взрыва образовалось одинаковое количество тех и других. Но, по крайней мере, мы знаем, что на решение этой проблемы у нас есть еще миллиарды лет, до того как Вселенная (и мы вместе с ней) закончит свой путь, какая бы судьба ни была ей уготована.

В написании данной главы принимал участие Рон Ковен, освещающий вопросы астрономии и космоса в журнале *Science News*.

Глава 16

Большой Взрыв и эволюция Вселенной

В этой главе...

- Доказательства в пользу теории Большого Взрыва
- Раздувание и расширение Вселенной
- Действительно ли Вселенная ускоряется
- Космический микроволновой фон
- Измерение постоянной Хаббла и возраста Вселенной

Давным давно, около 12–14 миллиардов лет назад, Вселенной в том виде, как мы ее знаем, не существовало. Материи не было — ни одного атома. Света тоже не было — ни одного фотона. Пространство еще не было создано, и космические часы еще не начали тикать.

А затем, вероятно в одно мгновение, Вселенная приняла форму крошечной плотной частицы, заполненной светом. И за крошечную долю секунды появилась на свет вся материя и энергия Космоса. По размерам намного меньше атома, юная Вселенная была обжигающе горячей, — это был первичный огненный шар, который начал стремительно расти и остывать с бешеной скоростью.

Картина рождения Вселенной носит название теории *Большого Взрыва*. Причем Большой Взрыв не был похож на фейерверк, взрывающийся в существующем пространстве; это было быстрое расширение самого пространства.

В течение первой 10^{36}-й доли секунды Вселенная увеличилась более чем в 10^{36} раз. Из однородной смеси субатомных частиц и излучения впоследствии возникли галактики, скопления и сверхскопления галактик, которые существуют во Вселенной сегодня. Просто уму непостижимо, что самые крупные структуры во Вселенной, группы галактик, протянувшихся по небу на сотни миллионов световых лет, начинались как колебания субатомных частиц высоких энергий в зарождающемся космосе. Но именно так сегодня ученые представляют себе процесс формирования Вселенной.

Доказательства теории Большого Взрыва

Почему ученые считают, что Вселенная началась со взрыва?

Астрономы приводят три очень разные последовательности рассуждений, которые создают прочную основу для данной теории. Давайте рассмотрим их подробнее.

- ✓ **Открытие явления расширения Вселенной**. Вероятно, самое убедительное доказательство теории Большого Взрыва вытекает из замечательного открытия, сделанного американским астрономом Эдвином Хабблом в 1929 году. До этого большинство ученых считали Вселенную статичной — неподвижной и не меняющейся. Но Хаббл обнаружил, что она расширяется: группы галактик разлетаются одна от другой, так же как осколки разбрасываются в разных направлениях после космического взрыва (см. раздел "Постоянная Хаббла и возраст Вселенной" в этой главе).

  Очевидно, что если какие-то объекты разлетаются, то когда-то они были ближе один к другому. Прослеживая процесс расширения Вселенной назад во

времени, астрономы пришли к выводу, что около 12 миллиардов лет назад (плюс-минус несколько миллиардов лет) Вселенная представляла собой невероятно горячее и плотное образование, высвобождение огромной энергии из которого было вызвано взрывом колоссальной силы.

- ✓ **Открытие космического микроволнового фона.** В 1940-х годах физик Георгий Гамов понял, что Большой Взрыв должен был породить мощное излучение. Его сотрудники предположили также, что остатки этого излучения, охлажденные в результате расширения Вселенной, могут все еще существовать.

  В 1964 году Арно Пенциас и Роберт Вилсон из *AT & T Bell Laboratories*, сканируя небо с помощью радиоантенны, обнаружили слабое равномерное потрескивание. То, что они сначала приняли за радиопомехи, оказалось слабым "шелестом" излучения, оставшегося после Большого Взрыва. Это однородное микроволновое излучение, пронизывающее все космическое пространство (его еще называют реликтовым излучением). Температура этого *космического микроволнового фона* (cosmic microwave background) в точности такая, какой она должна быть по расчетам астрономов (2,73° по шкале Кельвина), если охлаждение происходило равномерно с момента Большого Взрыва. За свое открытие А. Пенциас и Р. Вилсон в 1978 году получили Нобелевскую премию по физике.

- ✓ **Изобилие гелия в космосе.** Астрономы обнаружили, что по отношению к водороду количество гелия в космосе составляет 24%. Причем ядерные реакции внутри звезд (см. главу 11) идут недостаточно долго для того, чтобы создать так много гелия. Но гелия как раз столько, сколько теоретически должно было образоваться во время Большого Взрыва.

  Как оказалось, теория Большого Взрыва успешно объясняет явления, наблюдаемые в космосе, но остается только отправной точкой для изучения начального этапа развития Вселенной. Например, эта теория, несмотря на ее название, не выдвигает никаких гипотез об источнике "космического динамита", который и вызвал Большой Взрыв.

Раздувание Вселенной

Помимо отсутствия указания источника взрыва, у теории Большого Взрыва есть и другие слабые места. Например, она не объясняет, почему районы Вселенной, которые разделяет такое огромное расстояние, что между ними нельзя установить связь, — даже с помощью посланника, путешествующего со скоростью света, — тем не менее, выглядят настолько похожими один на другой.

В 1980-х годах физик Алан Гут выдвинул теорию *раздувания* (или *инфляции*) Вселенной, которая способна объяснить эти загадки. А. Гут предположил, что за крошечную долю секунды после рождения Вселенная испытала скачок колоссального роста. Всего за 10^{-32} секунды Вселенная расширилась со *скоростью* гораздо большей, чем когда-либо в последующие примерно 14 миллиардов лет, который прошли с тех пор.

В этот период мощного расширения мельчайшие фрагменты, которые раньше находились в тесном контакте, были разбросаны в далекие уголки Вселенной. А в большом масштабе Космос выглядит везде одинаково, в каком направлении наблюдатель ни направил бы свой телескоп. На самом деле в результате раздувания мелкие участки Космоса превращаются в объемы намного большие, чем земные астрономы когда-либо могли наблюдать. Из этого расширения следует воз-

можность создания вселенных, находящихся далеко за пределами нашей собственной Вселенной. Возможно, существует не одна, а множество вселенных, или *мультивселенная* (multiverse).

У раздувания есть еще одно свойство. В процессе этого скачкообразного роста происходят захват случайных субатомных колебаний энергии и увеличение их до макроуровня. Благодаря сохранению и усилению этих квантовых колебаний в процессе раздувания создаются участки, немного различающиеся по плотности.

В одних районах, в среднем, содержится больше материи и энергии, чем в других. Это соответствует холодным и горячим температурным уровням космического микроволнового фона (см. предыдущий раздел и рис. 16.1). Со временем гравитация на основе этих различий создала тонкую паутину из скоплений галактик и огромных пустот, из которых состоит Вселенная сегодня.

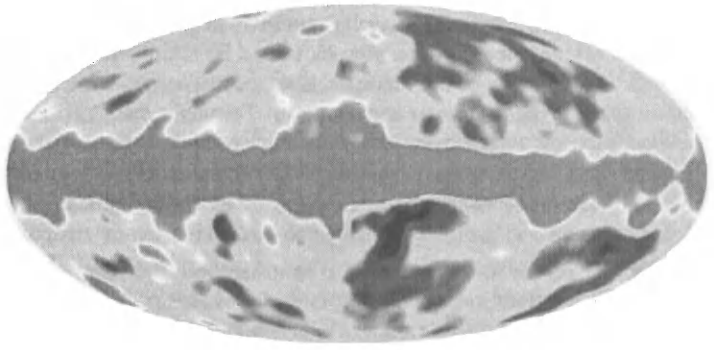


Рис. 16.1. Светлые и темные пятна на этой карте неба, полученной с помощью спутника COBE (Cosmic Background Explorer – Исследователь космического фона), указывают на горячие и холодные участки космического микроволнового фона

Фотография любезно предоставлена NASA

Нечто из ничего: раздувание и вакуум

По иронии судьбы, энергия, которая питает раздувание, генерируется из ничего: из *вакуума*. Но по квантовой теории, вакуум — это не значит пустота. Он полон частиц и античастиц, которые постоянно создаются и разрушаются. Подключение к этой энергии, по предположению теоретиков, обеспечило энергией Большой Взрыв и излучение, порожденное вместе с ним.

У вакуума есть еще одно странное свойство. Он может проявлять гравитационную силу отталкивания. Вместо того чтобы притягивать объекты, сила гравитационного отталкивания тянет их в разные стороны. Возможно, именно эта сила отталкивания стала причиной кратковременного, но интенсивного периода раздувания.

Раздувание и форма Вселенной

Процесс раздувания, по крайней мере в самой простой форме, которую можно представить, должен был привести к тому, что Вселенная стала бы плоской. Любая кривизна в космосе была бы вытянутой в этот период быстрого расширения. И мы получили бы знакомую евклидову геометрию на плоскости — вспомните линии и углы, нарисованные на листе бумаге, которые вы учили в средней школе.

Но чтобы Вселенная была плоской, она должна иметь особую плотность, называемую *критической плотностью*. Если бы плотность Вселенной превысила это критическое значение, гравитационное притяжение стало бы достаточно сильным, чтобы повернуть вспять процесс расширения, и в конце концов это привело бы к коллапсу, сжатию Вселенной, т.е. к тому, что астрономы называют *Большим Сжатием* (Big Crunch).

Такая Вселенная снова искривилась бы сама в себе, формируя замкнутое пространство конечного объема, такое как поверхность сферы. И космический корабль, летящий по прямой линии по поверхности этой сферы, в конце концов оказался бы в той точке, из которой стартовал. Математики называют это *положительной кривизной*.

Если бы плотность Вселенной была меньше критического значения, то гравитация не смогла бы преодолеть расширение и Вселенная продолжала бы расширяться вечно. Про такую вселенную говорят, что она имеет *отрицательную кривизну*; подобный объект имеет форму, напоминающую седло.

Хотя из теории раздувания следует, что Вселенная должна быть плоской, некоторые наблюдения показали, что плотность космической материи составляет только 40% той, которая необходима для поддержания ее плоской. Если же говорить о массе, то "космическая бухгалтерия" показывает, что ее катастрофически не хватает.

Чтобы Вселенная была плоской, глыб материи — видимой или невидимой (темной) — явно недостаточно. Должна существовать особая форма материи или энергии (согласно выводам Эйнштейна, эти два понятия эквивалентны), заполняющей весь Космос и составляющей недостающие 60%. Космолог Майкл Тернер из Чикагского университета и сотрудники Национальной лаборатории имени Ферми назвали этот особый компонент *темной*, или *странной энергией* (dark, funny energy).

Темная энергия: расширение ускоряется?

Из гипотезы о темной энергии, — если она существует, — следует поразительный вывод. Она тоже может проявлять силу гравитационного отталкивания. Поэтому, вместо того чтобы замедлять расширение с момента Большого Взрыва, Вселенная должна его ускорять.

Это странное утверждение недавно получило неожиданное обоснование, хотя окончательные выводы, конечно, делать рано. (Более подробную информацию о теории ускорения Вселенной и о других теориях, изложенных в данной главе, можно найти на сайте Калифорнийского университета (UCLA) в Лос-Анджелесе в разделе "Космология: часто задаваемые вопросы" по адресу `www.astro.ucla.edu/~wright/cosmology_faq.html`.)

Эти новые данные получены на основе наблюдений сверхновых типа Ia в далеких галактиках. (Изображение сверхновой такого типа приведено на цветной вклейке, а прочитать о сверхновых этого и других типов можно в главе 11.)

Все сверхновые достаточно яркие, чтобы их можно было увидеть в далеких галактиках, но у сверхновых типа Ia есть особое свойство. Астрономы считают, что результатом этих взрывов будет одинаковый блеск, как у электрических лампочек известной мощности (раздел "Постоянная Хаббла и возраст Вселенной" ниже в этой главе).

Свету из далекой галактики требуются сотни миллионов лет, чтобы дойти до Земли. Поэтому астрономы, глядящие в телескоп на эту галактику, видят сверхновые, которые взорвались, когда Космос был гораздо моложе, чем сейчас. И если бы Вселенная замедлила свое расширение, то расстояние между Землей и далекой галактикой было бы меньше — и время путешествия света сократилось бы, — чем в случае, если бы Вселенная продолжала расширяться с постоянной скоростью. Так что в случае замедления расширения сверхновая из далекой галактики должна была бы выглядеть немного ярче.

Но две независимые команды астрономов получили прямо противоположный результат: далекие сверхновые кажутся немного более тусклыми, чем ожидалось, как будто их родные галактики оказались дальше, чем выходило по расчетам. Похоже — хотя, конечно, этого нельзя утверждать наверняка, — что Вселенная увеличила скорость своего расширения.

Но у этого открытия есть слабые места. Главное возражение формулируется так: сверхновые типа Ia в далекой галактике могут иметь блеск, отличный от блеска сверхновых, находя-

щихся ближе к нам, — возможно, потому, что они имеют другой химический состав. Если это так, то, быть может, астрономы ошибаются. Они думают, что более тусклый блеск сверхновых означает ускорение расширения Вселенной, в то время как видят просто более далекие сверхновые, блеск которых чуть уступает блеску сверхновых из галактик поближе.

Недавно ученые начали проводить новую серию экспериментов по изучению космического микроволнового фона (см. предыдущий раздел), чтобы проверить полученные результаты. Если Вселенная плоская, то температурные колебания — горячие и холодные пятна в микроволновом фоне — должны соответствовать определенной схеме (рисунку пятен). До сих пор результаты, полученные с помощью наземных и поднимаемых на аэростатах телескопов, свидетельствуют о том, что микроволновой фон действительно имеет такой рисунок.

Зонд исследования микроволновой анизотропии NASA (Microwave Anisotropy Probe — MAP) предназначен для составления карты микроволнового фона по всему небу, причем более точной, чем все предыдущие. (*Анизотропия* — это отличие пространства по физическим свойствам, таким как температура и плотность, в одном направлении, от аналогичных свойств в другом направлении.) Это будет самое тщательное (изо всех, проводившихся когда-либо) исследование вопросов о расширении Вселенной, ее формы и ее судьбы — будет ли она расширяться вечно или гравитация в конце концов остановит расширение и приведет к сжатию.

О ходе выполнения проекта MAP можно узнать на Web-сайте по адресу `map.gsfc.nasa.gov`.

Источники формирования галактик

Космический микроволновой фон (слабый шелест излучения, оставшегося от Большого Взрыва) — это фотография Вселенной в возрасте примерно 300 тысяч лет. До этого времени "туман из электронов" окутывал юную Вселенную и излучение, порожденное Большим Взрывом, не могло свободно выходить в пространство. Оно снова и снова поглощалось и рассеивалось этими отрицательно заряженными частицами.

А в возрасте примерно 300 тысяч лет Вселенная остыла достаточно для того, чтобы электроны объединились с атомными ядрами. И когда произошло это объединение, поглощающий туман рассеялся. И свет, которая излучала Вселенная в возрасте 300 тысяч лет, мы сегодня регистрируем как микроволны и излучение дальней инфракрасной области спектра.

Когда космический микроволновой фон впервые обнаружили в 1960-х годах, казалось, что у него по всему небу совершенно одинаковая температура. Не было видно никаких пятен, которые были бы хоть немного горячее или холоднее. И это было непонятно, потому что незначительные колебания температуры необходимы для объяснения того, как во Вселенной из однородного "бульона" частиц и излучения в конце концов образовались галактики, звезды и планеты.

Согласно теории, юная Вселенная не была абсолютно однородной. Должны были существовать места с чуть более высокой и чуть более низкой плотностью (ведь и в каше бывают комки), где больше или меньше атомов в расчете на кубический сантиметр соответственно. Это и есть те "семена", источники, вокруг которых начала накапливаться материя и возникли галактики. И эти колебания плотности сегодня должны наблюдаться в виде незначительных колебаний температур космического микроволнового фона.

В 1992 году спутник NASA для исследования космического фона (Cosmic Background Explorer), который измерил температуру микроволнового фона с небывалой точностью, получил сенсационные результаты: он обнаружил горячие и холодные пятна в космическом микроволновом фоне.

На самом деле обнаруженные температурные колебания очень незначительны — меньше чем на десятитысячную долю градуса по Кельвину выше или ниже средней температуры, равной 2,73 °K. Тем не менее эти "космические неровности" достаточно велики для того, чтобы послужить причиной формирования структур во Вселенной.

Постоянная Хаббла и возраст Вселенной

Каков возраст Вселенной? После многолетних ожесточенных споров некоторые астрономы пришли к выводу, что они установили это число — с точностью примерно 10%. По их оценкам, Вселенной или около 12, или около 13,5 миллиарда лет. Первая цифра означает, что Вселенная будет расширяться вечно, но все медленнее и медленнее, а вторая — что какая-то таинственная сила ускоряет расширение Вселенной (см. раздел "Темная энергия: расширение ускоряется?" выше в этой главе)[1].

Насколько быстро движутся галактики?

Оценки возраста Вселенной в значительной степени зависят от числа, которое занимало астрономов в течение десятилетий, — это постоянная Хаббла, представляющая собой скорость расширения Вселенной в настоящее время. Поиски этого числа начались в 1929 году, когда астроном Эдвин Хаббл обнаружил доказательства того, что мы живем в расширяющейся Вселенной. В частности, он сделал замечательное открытие: все далекие галактики (находящиеся за пределами Местной Группы Галактик, о которой говорилось в главе 12), похоже, удаляются от нашей родной галактики, Млечного Пути.

При этом Хаббл обнаружил, что чем дальше галактика, тем быстрее она удаляется. Представим, например, две галактики, одна из которых в 2 раза дальше от Млечного Пути, чем другая. Так вот: галактика, которая в 2 раза дальше, удаляется в 2 раза быстрее. (По общей теории относительности Эйнштейна сами галактики не движутся; расширяется ткань пространства, в которую они включены.) Это соотношение называется *законом Хаббла*.

Коэффициент, связывающий расстояние до галактики со скоростью ее удаления, называется *постоянной Хаббла* и обозначается H_0. Другими словами, скорость удаления галактики равна H_0, умноженной на расстояние до галактики. Таким образом, H_0 выражает собой степень скорости расширения Вселенной и, следовательно, определяет ее возраст.

Постоянная Хаббла измеряется в километрах в секунду на мегапарсек. (Один мегапарсек равен 3,26 миллиона световых лет.) После многолетних исследований астрономам с помощью телескопа "Хаббл" (обсерватория, находящаяся на орбите Земли и названная в честь Эдвина Хаббла) недавно удалось установить значение постоянной Хаббла. Они сообщили, что она примерно равна 70 (км/с)/Мпс. Это означает, что галактика, находящаяся на расстоянии примерно 30 мегапарсеков (около 100 миллионов световых лет) от Земли, удаляется от нас со скоростью 2100 км/с.

Непостоянная постоянная?

Но постоянная Хаббла на самом деле может вовсе и не быть постоянной. Причины этого следующие: взаимное гравитационное притяжение галактик могло замедлить расширение, которое началось после Большого Взрыва, или какая-то таинственная космическая энергия недавно его ускорила. Скорость расширения в прошлом могла быть другой. Аналогично, величина, обратная постоянной Хаббла, (т.е. $\frac{1}{H_0}$), — так называемый *хаббловский возраст* (Hubble age) — может указывать на возраст Вселенной, если с момента Большого Взрыва скорость расширения была постоянной.

---

[1] *По последним научным данным, возраст Вселенной составляет 13,7 млрд. лет (с точностью до 200 млн. лет).*

Ученые вычисляют величину H_0 делением скорости движения галактик на расстояние до них. Скорость получить просто: астрономы анализируют длины световых волн, излучаемых или поглощаемых галактикой. Свет от объекта, который удаляется от Земли, смещается в красную область спектра, т.е. в область больших длин волн. Чем больше красное смещение, тем быстрее удаляется от нас галактика.

А вот измерить расстояние до галактики гораздо труднее.

Чтобы точно измерить скорость расширения Вселенной, астрономы должны оценить расстояние до очень отдаленных галактик, находящихся на расстоянии 600 миллионов (или больше) световых лет от Земли. На меньших расстояниях расширению частично противодействует гравитационное притяжение галактик, которые находятся сравнительно недалеко от Млечного Пути.

Но у астрономов нет абсолютно надежного способа непосредственного измерения расстояний до отдаленных галактик. Вместо этого им приходится довольствоваться разнообразными косвенными методами. Делая калибровку расстояния до соседних галактик, а затем двигаясь дальше, шаг за шагом, к более отдаленным галактикам, астрономы постепенно, по кусочкам, составляют "измерительную линейку" для Вселенной.

Как измеряют расстояния до галактик

Для большинства стратегий измерения расстояния требуется нечто вроде *стандартной свечи*, космического эквивалента электрической лампочки известной мощности.

Предположим, вы считаете, что вам известен истинный блеск, или *светимость*, звезды определенного типа. Свет от отдаленного источника тускнеет пропорционально квадрату расстояния. Поэтому степень тусклости этой звезды в далекой галактике показывает, насколько эта галактика далека.

Желтые пульсирующие звезды, которые называют *переменными цефеидами* (Cepheid variables), остаются одними из самых надежных "стандартных свечей" для оценки расстояния до сравнительно близких галактик (см. главу 12). Блеск этих молодых звезд периодически увеличивается и уменьшается.

В 1912 году Генриетта Ливитт из обсерватории Гарвардского колледжа обнаружила, что скорость изменения цефеидами их блеска непосредственно связана с их истинной светимостью. Чем дольше этот период (изменения блеска), тем больше светимость.

Сверхновые типа Ia (см. выше в этой главе раздел "Темная энергия: расширение ускоряется?" и главу 11) — это еще один тип "стандартной свечи". Поскольку сверхновые намного ярче цефеид, их можно увидеть в гораздо более далеких галактиках. В недавних исследованиях по вычислению постоянной Хаббла использовались оба этих типа "свечей", а также два других типа калибраторов.

Но все же эти методы пока достаточно грубые. Поэтому, хотя мы знаем наверняка, что Вселенная расширяется, точное значение скорости этого расширения, а также то, как она изменилась за миллиарды лет, пока неизвестны. Наверное, некий эквивалент космического гаишника стоит где-то неподалеку с радиолокатором для измерения скорости расширения Вселенной. Но заглянуть ему через плечо и увидеть значение скорости — довольно непросто!

В написании данной главы принимал участие Рон Ковен, освещающий вопросы астрономии и космоса в *Science News*.

Часть V

Великолепные десятки

В этой части...

Случалось ли вам когда-нибудь на вечеринке в отчаянии думать: что бы такого необычного и интересного сказать? Вы напрягали свой мозг в поисках умных мыслей, чтобы завладеть вниманием аудитории и заставить всех поверить в ваши выдающиеся интеллектуальные способности. Что ж, прочитав эту часть, при следующем удобном случае вы сумеете вставить пару умных фраз и блеснуть эрудицией. Я предлагаю вам десять удивительных фактов о космосе, которые гарантируют вам всеобщий интерес и внимание. А затем я познакомлю вас с десятью основными ошибками, которые человечество в целом и средства массовой информации в частности делали и продолжают делать, когда рассуждают об астрономии.

Глава 17

Десять удивительных фактов об астрономии и космосе

В этой главе...

- Правда о хвостах комет, марсианских камнях, метеоритной пыли в ваших волосах и Большом Взрыве на экране черно-белого телевизора
- Почему Плутон открыли случайно, солнечные пятна темные, а дождь никогда не достигает поверхности Венеры
- О приливах, взрывающихся звездах и уникальности Земли

Предлагаю вашему вниманию несколько моих самых любимых фактов об астрономии и особенно о Земле и Солнечной системе. Имея под рукой такую информацию, вы наверняка сможете ответить на вопросы по астрономии на телевизионных шоу, таких как "Кто хочет стать миллионером?"

Хвост кометы часто летит впереди, а не тащится позади

Хвост кометы не похож на хвост лошади, который всегда развевается сзади, когда лошадь несется галопом. Хвост кометы всегда направлен в противоположную от Солнца сторону. Поэтому, когда комета приближается к Солнцу, ее хвост (или хвосты) развеваются за ней, но когда комета удаляется от Солнца, ее хвосты следуют впереди нее. (Более подробную информацию о кометах можно найти в главе 4.)

Марсианские камни разбросаны по всей Земле

На Земле было найдено около десятка метеоритов, которые представляют собой осколки коры Марса, оторванные от этой планеты в результате удара гораздо более крупного объекта, возможно, из пояса астероидов. Но найденные марсианские камни — это только те, которые были опознаны охотниками за метеоритами, или те, падение которых действительно наблюдали свидетели. По статистике, намного больше камней должны были упасть в океан или на землю в глухих местах, где их пока не нашли. (О Марсе подробно говорилось в главе 6.)

В наших волосах есть мельчайшие метеоритные пылинки

Микрометеориты, крошечные частички из космоса, которые можно увидеть только в микроскоп, постоянно сыплются на Землю. Некоторые из них падают на вас каждый раз, когда вы выходите из дома. Но без самого современного лабораторного оборудования и методов анализа их обнаружить нельзя. Они затеряны в огромной массе цветочной пыльцы, частиц смога, домашней пыли и, возможно (прошу прощения), перхоти на вашей голове.

Возможно, вы видели Большой Взрыв на экранах старых телевизоров

Некоторые "снежинки" (помехи, которые выглядят как маленькие белые пятнышки или полоски на экранах старых черно-белых телевизоров) — это на самом деле радиоволны, источником которых служит космический микроволновый фон. Напомню, это излучение, возникшее в юной Вселенной в результате Большого Взрыва (см. главу 16). Когда данное излучение было открыто в *Bell Telephone Laboratories*, изучались многие возможные причины непонятного "шума", зарегистрированного радиоантенной. Ученые даже выясняли, не может ли быть причиной этого "шума" голубиный помет.

Плутон открыли с помощью прогнозов на основе ложной теории

Персиваль Лоуэлл предсказал существование и приблизительное местонахождение Плутона. И когда Клайд Томбо просматривал этот участок пространства, он обнаружил планету. Но сегодня мы знаем, что теория Лоуэлла, в которой делался вывод о существовании Плутона на основании его гравитационного влияния на движение Урана, была неверна. На самом деле масса Плутона очень мала, поэтому он неспособен создавать "наблюдаемые" эффекты. Более того, эти эффекты оказались просто результатом ошибок при расчетах параметров движения Урана. (Не было достаточной информации о движении Нептуна, чтобы на этой основе прийти к выводу о существовании Плутона.) Открыть Плутон было непросто, но удача улыбнулась нам. (Более подробно о Плутоне читайте в главе 9.)

Солнечные пятна вовсе не темные

Каждый "знает", что солнечные пятна — это те самые "темные" пятна на Солнце. Но на самом деле солнечные пятна — это просто места, где горячий солнечный газ чуть холоднее, чем в окружающих местах (более подробное объяснение можно найти в главе 10). Эти места кажутся темными по сравнению со своим более горячим окружением, но если смотреть только на солнечное пятно, оно выглядит очень ярким.

На Венере дождь никогда не достигает поверхности планеты

Непрекращающийся кислотный дождь, идущий на Венере, никогда не достигает ее поверхности. Он успевает испариться до этого (см. главу 6).

Океанские приливы со стороны Луны не сильнее, чем с обратной стороны Земли

Этот факт противоречит здравому смыслу, но не физике и математическому анализу. Приливы, которые Луна вызывает в океане в том полушарии Земли, которое обращено к Луне, не сильнее, чем приливы, которые происходят в это же самое время на противоположной стороне Земли (более подробно о Луне читайте в главе 5). То же самое справедливо по отношению к менее заметным приливам, вызываемым Солнцем.

Возможно, видимая звезда взорвалась и превратилась в сверхновую, но никто об этом не знает

Эта Киля — одна из самых массивных и ярко светящихся звезд в нашей Галактике и, как ожидается, она в любой момент может породить мощный взрыв сверхновой, если этого еще не произошло. Но свету требуется 9000 лет, чтобы от Эты Киля дойти до Земли, поэтому взрыв, который произошел меньше 9000 лет назад, мы пока еще не можем увидеть. (Чтобы больше узнать о жизненных циклах звезд, читайте главу 11.)

Земля состоит из редкой и необычной материи

Большая часть всей материи Вселенной — это так называемая *темная материя*, т.е. невидимый материал, о котором пока почти ничего не известно (см. главу 15). Если же говорить об обычной, или видимой, материи, то большая ее часть во Вселенной находится в форме плазмы (горячий электризованный газ, из которого состоят нормальные звезды, такие как наше Солнце) или вырожденной материи (в ней атомы или даже атомные ядра сплющены до невообразимой плотности, как в белых карликах или нейтронных звездах, о которых говорилось в главе 11). В то же время на Земле нет темной материи, вырожденной материи и относительно мало плазмы. Поэтому на фоне огромной Вселенной наша планета и мы сами кажемся какими-то чужаками, инопланетянами.

Глава 18

Десять распространенных ошибок об астрономии и космосе

В этой главе...

- Распространенные астрономические заблуждения
- Ошибки, обычные для средств массовой информации

В повседневной жизни — когда вы читаете газеты, смотрите по телевизору вечерние новости или разговариваете с друзьями, — вы наверняка заметите несколько часто повторяемых астрономических ошибок. В этой главе я расскажу о некоторых из этих распространенных заблуждений.

Находись вы в поясе астероидов, астероиды так и вертелись бы вокруг вас

Почти в каждом фильме о космическом путешествии есть сцена, когда отважный пилот умело проводит космический корабль через поле из сотен астероидов, которые проносятся мимо во всех направлениях, иногда по пять штук одновременно. Кинематографисты просто не понимают, насколько велика Солнечная система. Если бы вы стояли прямо на астероиде посередине главного пояса астероидов, между Марсом и Юпитером, то вряд ли увидели бы невооруженным глазом больше одного-двух астероидов (а может, не увидели бы ни одного). (Более подробно об астероидах читайте в главе 7.)

Если взорвать ядерный заряд на "астероиде-убийце", движущемся к Земле, то можно спасти планету

Существует множество распространенных заблуждений по поводу астероидов. К тому же в последнее время появилось несколько фильмов и репортажей об "астероидах-убийцах", которые внесли свой вклад в дальнейшее распространение этих заблуждений в обществе.

Если астероид движется прямо к Земле и должен с ней столкнуться, то взрыв его с помощью атомной бомбы приведет к получению множества мелких, но таких же опасных осколков, по-прежнему направляющихся к нашей планете. До выхода фильма "Армагеддон" я был поклонником Брюса Уиллиса, но теперь я его поклонник только наполовину.

Астероиды круглые, как маленькие планеты

Несколько самых крупных астероидов *действительно* круглые, но подавляющее большинство из них — каменные или железные глыбы неправильной формы. Многие имеют форму арахиса или картофеля и испещрены кратерами. (Чтобы больше узнать об астероидах, читайте главу 7.)

Большой Взрыв мертв

Когда астроном сообщает об открытии, которое не укладывается в современные космологические представления, то СМИ сразу же начинают истошно вопить, что "Большой Взрыв мертв". (О том, что такое Большой Взрыв, читайте в главе 16.) Но астрономы просто находят отличия между наблюдаемым расширением Вселенной и математическими моделями описания этого процесса. Соперничающие теории — включая ту, которая соответствует последним данным, — не отрицают Большого Взрыва. Различия между ними — только в деталях.

Метеорит, только что упавший на землю, "еще горячий"

На самом деле "свежеупавшие" метеориты холодные. Только что приземлившийся холодный камень от контакта с влажным воздухом иногда покрывается инеем. Когда очевидец говорит, что он видел падающий на землю метеорит и утверждает, что обжег о него пальцы, то, скорее всего, это обман. (Подробнее о метеоритах читайте в главе 4.)

Лето наступает, когда Земля находится ближе всего к Солнцу

Убеждение в том, что лето наступает, когда Земля находится ближе всего к Солнцу, — это, наверное, самая распространенная из астрономических ошибок. Хотя достаточно здравого смысла, чтобы понять, что это не так. В конце концов, когда в России лето, в Австралии — зима. Однако Австралия всегда находится на том же расстоянии от Солнца, что и Россия. Земной шарик-то один! (Более подробное объяснение найдете в главе 5.)

"Свету этой звезды нужна тысяча световых лет, чтобы достичь Земли"

Многие люди ошибочно принимают световой год за единицу измерения времени, такую как день, месяц или обычный год. Но световой год — это единица измерения расстояния; он равен расстоянию, которое проходит свет в вакууме за один год (см. главу 1).

Когда говорят, что до некой галактики "два миллиарда световых лет", это правда

Знания астрономов о расстояниях до очень далеких галактик (до которых сотни миллионов световых лет и больше) настолько неточны, что в профессиональных изданиях мы никогда не публикуем оценки расстояний. Но специфика требований СМИ такова, что астрономам приходится делать заявления типа "если такая-то версия теории Большого Взрыва верна, то расстояние до этой галактики — два миллиарда световых лет". Однако журналисты часто упрощают их заявления и опускают "лишние расплывчатые формулировки". До недавнего времени цифры, приводившиеся в сообщениях СМИ, бывали ошибочными на 200%.

"Утренняя звезда" — это планета

Утренняя звезда — вовсе не звезда, а планета. К тому же иногда две "утренние звезды" появляются одновременно, например, Меркурий и Венера (см. главу 6). То же самое относится и к "Вечерней звезде". Это планета, и она тоже может быть не одна. "Падающие звезды" — тоже неправильное название. Это не звезды, а метеоры, т.е. вспышки света, порожденные мелкими метеорными телами, проходящими сквозь атмосферу Земли.

Солнце — это средняя звезда

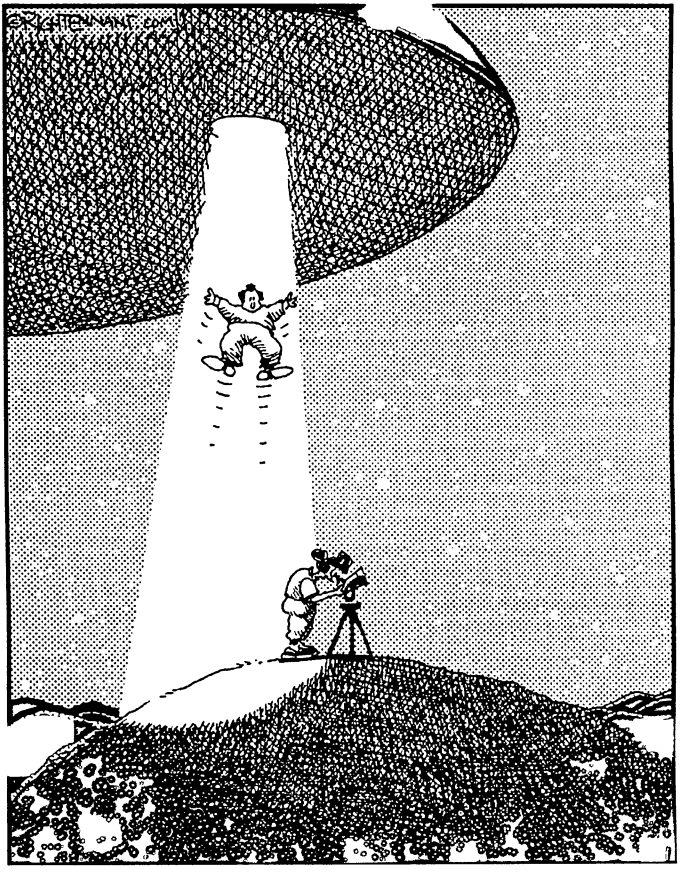
Часто можно встретить утверждение, что Солнце — средняя звезда. Его повторяют журналисты и даже публикуют в книгах, написанных для широкой аудитории астрономами, которые должны знать, что это не так. На самом деле подавляющее большинство звезд более мелкие, тусклые, холодные и менее массивные, чем наше Солнце (см. главу 10).

Телескоп "Хаббл" летит к звездам

Как космический телескоп "Хаббл" делает такие великолепные фотографии? Некоторые думают, что он путешествует в космосе, пока не окажется рядом с этими туманностями, звездными скоплениями и галактиками, которые предстают перед нами на его фотографиях. Увы! Телескоп находится на околоземной орбите и просто делает классные фотографии!

Часть IV

Приложения



"Пол, выключи свой фонарь. Тут такое интересное звездное скопление! Я хочу его сфотографировать".

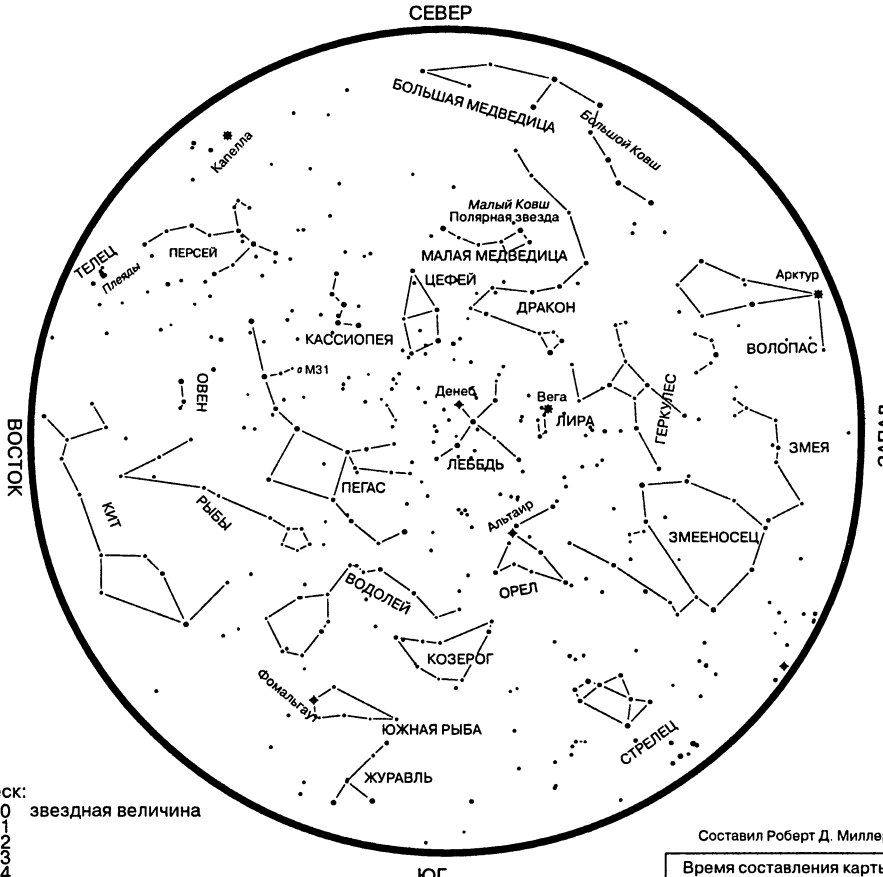
В этой части...

В Приложениях приведена информация, которая поможет вам в наблюдениях неба. Здесь вы найдете карты звездного неба, которые помогут вам сориентироваться и найти нужные созвездия и звезды.

Приложение А

Карты звездного неба

Ниже приведено восемь карт звездного неба, по четыре для Северного и Южного полушарий. Они помогут вам научиться ориентироваться в небе и находить нужные созвездия.

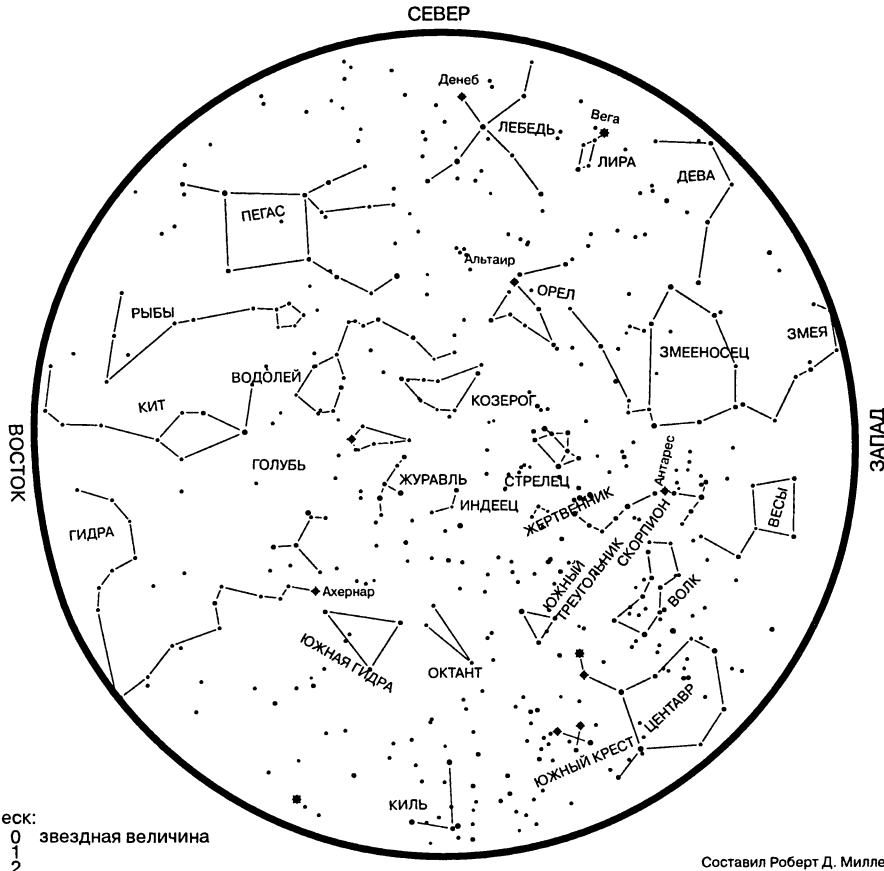


Блеск:
- 0 звездная величина
- 1
- 2
- 3
- 4

Составил Роберт Д. Миллер

Время составления карты
20 августа, 23:00
5 сентября, 22:00
21 сентября, 21:00
5 октября, 20:00

Эта карта составлена для 35° северной широты, но ее можно использовать в средних широтах Северного полушария.

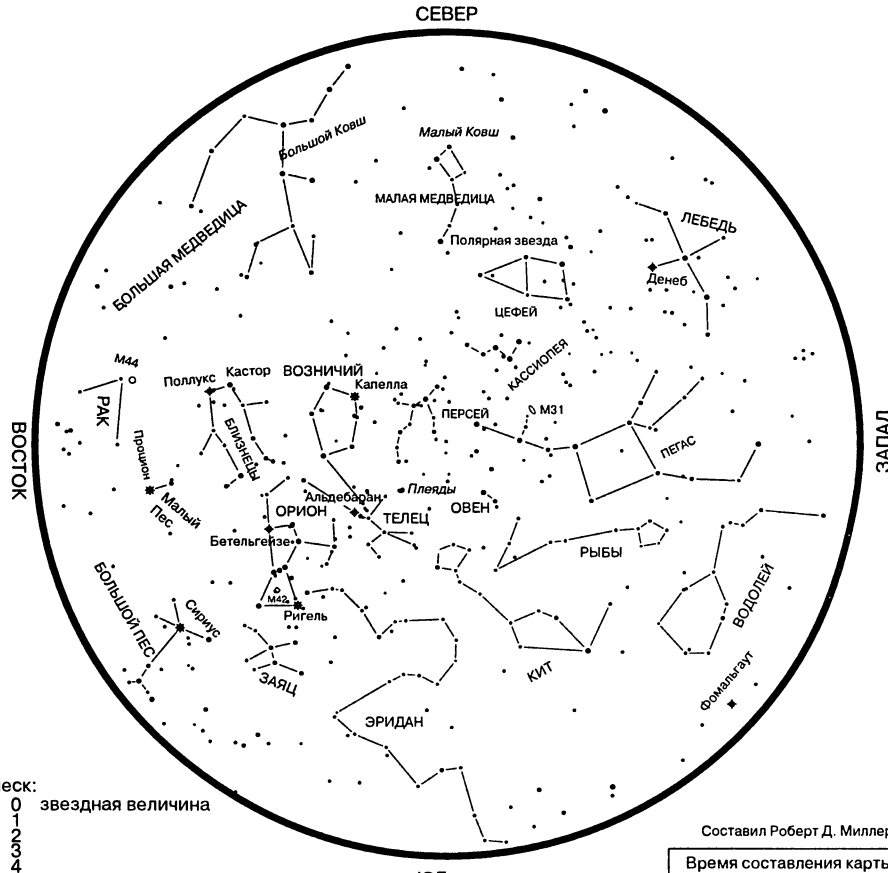


Блеск:
- 0 звездная величина
- 1
- 2
- 3
- 4

Эта карта составлена для 35° южной широты, но ее можно использовать в большей части Южного полушария.

Составил Роберт Д. Миллер

Время составления карты
20 августа, 23:00
5 сентября, 22:00
21 сентября, 21:00
5 октября, 20:00

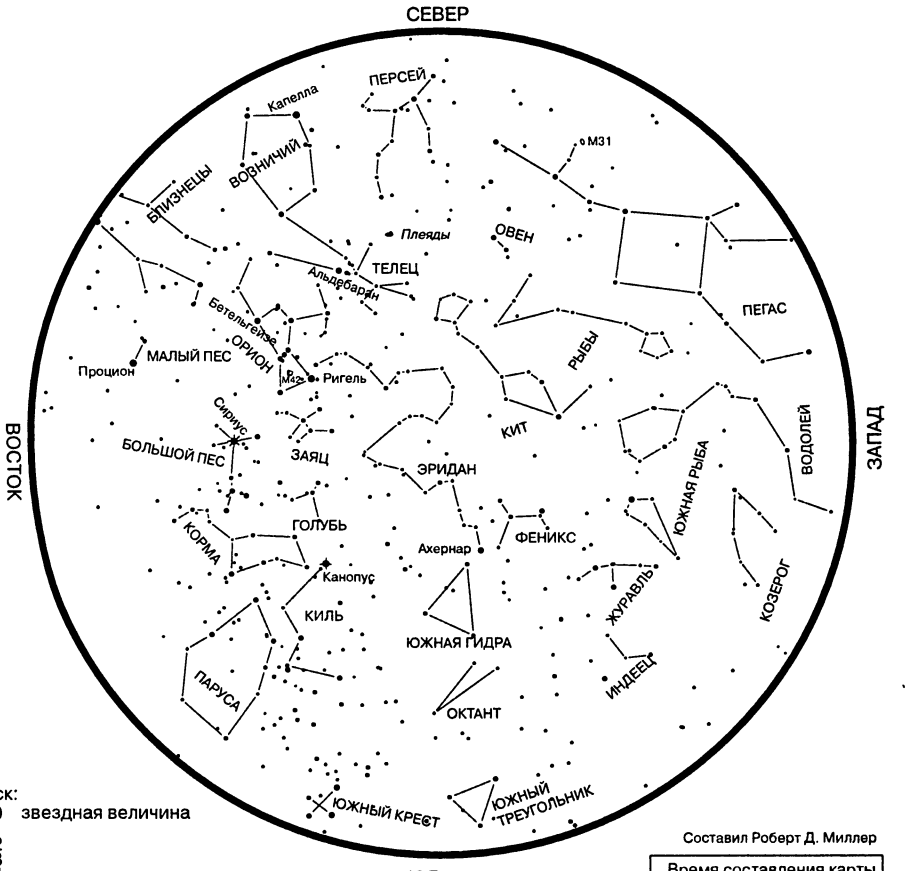


Блеск:
- 0 звездная величина
- 1
- 2
- 3
- 4

Эта карта составлена для 35° северной широты, но ее можно использовать в средних широтах Северного полушария.

Составил Роберт Д. Миллер

Время составления карты
20 ноября, 23:00
7 декабря, 22:00
21 декабря, 21:00
6 января, 20:00

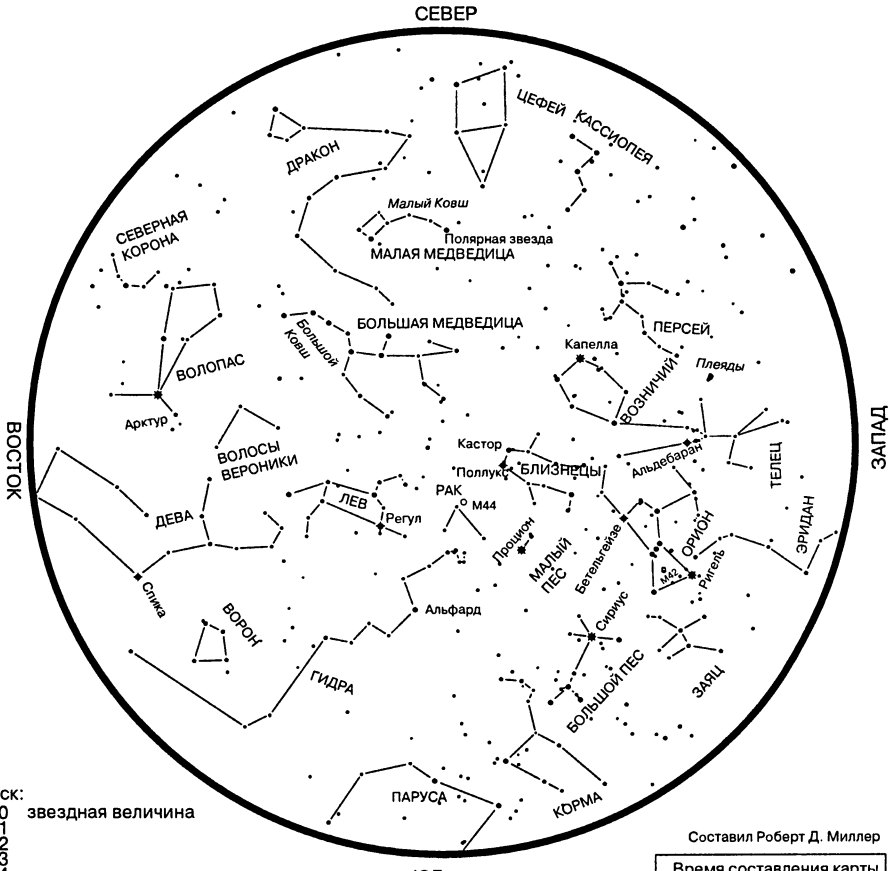


Блеск:
0 звездная величина
1
2
3
4

Эта карта составлена для 35° южной широты, но ее можно использовать в большей части Южного полушария.

Составил Роберт Д. Миллер

Время составления карты
20 ноября, 23:00
7 декабря, 22:00
21 декабря, 21:00
6 января, 20:00

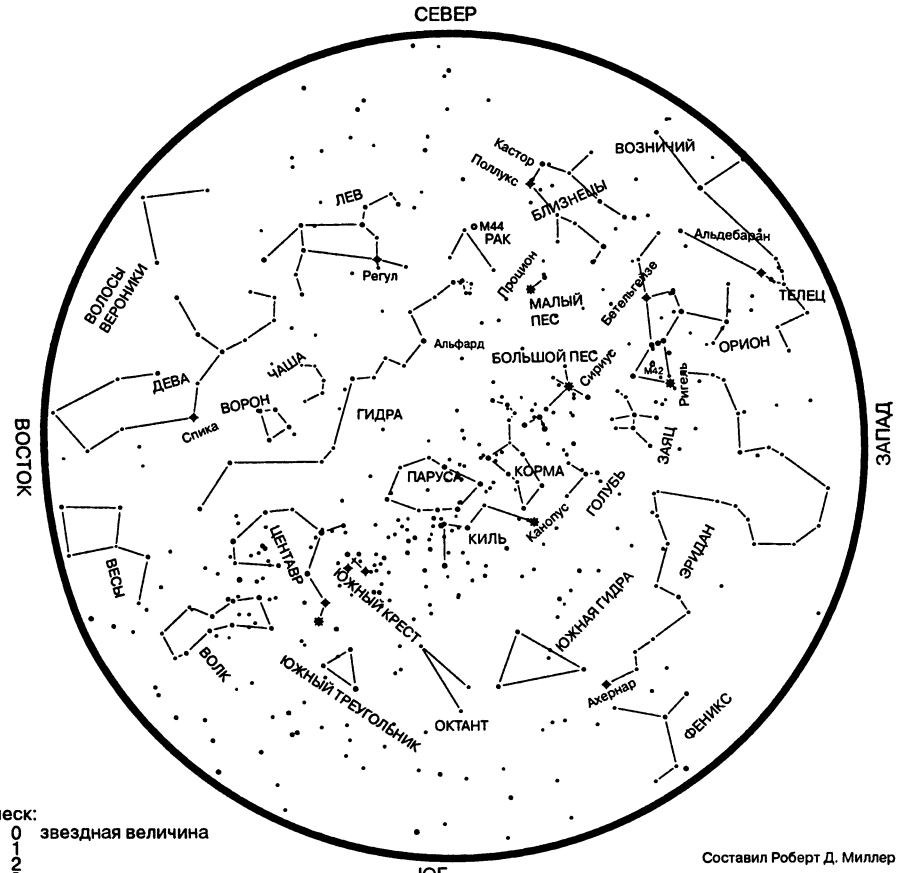


Блеск:
- 0 звездная величина
- 1
- 2
- 3
- 4

Эта карта составлена для 35° северной широты, но ее можно использовать в средних широтах Северного полушария.

Составил Роберт Д. Миллер

Время составления карты
19 февраля, 23:00
6 марта, 22:00
21 марта, 21:00
5 апреля, 20:00

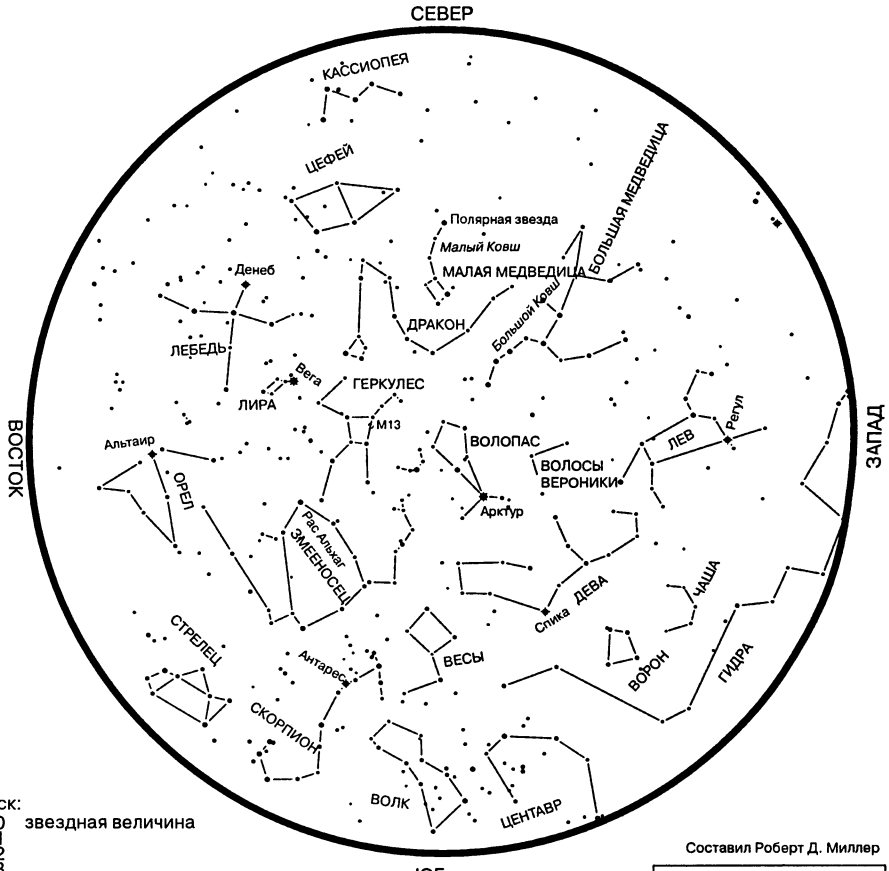


Блеск:
- 0 звездная величина
- 1
- 2
- 3
- 4

Эта карта составлена для 35° южной широты, но ее можно использовать в большей части Южного полушария.

Составил Роберт Д. Миллер

Время составления карты
19 февраля, 23:00
6 марта, 22:00
21 марта, 21:00
5 апреля, 20:00

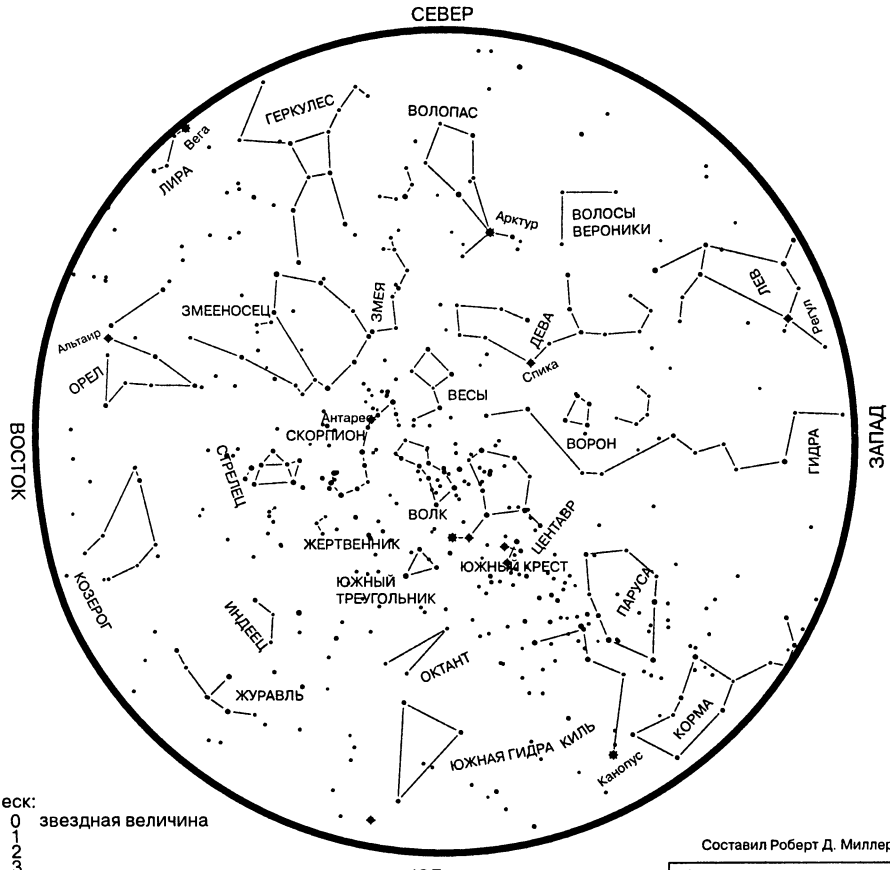


Блеск:
- 0 звездная величина
- 1
- 2
- 3
- 4

Эта карта составлена для 35° северной широты, но ее можно использовать в средних широтах Северного полушария.

Составил Роберт Д. Миллер

Время составления карты
6 мая, 24:00
21 мая, 23:00
6 июня, 22:00
21 июня, 21:00



Блеск:
- 0 звездная величина
- 1
- 2
- 3
- 4

Составил Роберт Д. Миллер

Время составления карты
6 мая, 24:00
21 мая, 23:00
6 июня, 22:00
21 июня, 21:00

Эта карта составлена для 35° южной широты, но ее можно использовать в большей части Южного полушария.

Приложение Б

Словарь терминов

Астеризм. Конфигурация звезд, которой присвоили некоторое имя (например, Большой Ковш) и которая не является ни одним из 88 известных созвездий.

Астероид (asteroid). Одно из множества мелких каменистых и/или металлических небесных тел, вращающихся вокруг Солнца.

Белый карлик (white dwarf). Маленький плотный небесный объект, светящийся за счет запасов тепла и поэтому постепенно угасающий; последний этап жизни солнцеподобной звезды.

Галактика (galaxy). Гигантская система из миллиардов звезд, иногда содержащая огромные массы газа и пыли.

Звезда (star). Большая масса горячего газа, в которой идут ядерные реакции; удерживается вместе благодаря собственной гравитации.

Звездное скопление (star cluster). Группа звезд, которых удерживает вместе взаимное гравитационное притяжение; они сформировались практически одновременно (бывают шаровые скопления, **globular cluster**, и открытые скопления, **open cluster**).

Зенит (zenith). Точка на небе, находящаяся прямо над наблюдателем.

Квазар (quasar). Небольшой чрезвычайно яркий объект, находящийся в центре далекой галактики. Считается, что он представляет собой мощное излучение энергии в окрестности гигантской черной дыры.

Комета (comet). Одно из множества небольших небесных тел, состоящих из льда и пыли и движущихся по орбите вокруг Солнца.

Красное смещение (redshift). Увеличение длины волны света или звука, часто объясняемое эффектом Допплера.

Красный гигант (red giant). Большая очень яркая звезда с низкой температурой поверхности; один из последних этапов жизни солнцеподобной звезды.

Кратер (crater). Круглая котловина на поверхности планеты, спутника или астероида, появившаяся от удара упавшего космического тела или извержения вулкана.

Метеор (meteor). Вспышка света, вызванная падением метеорного тела через атмосферу Земли; этот термин часто неправильно используют для обозначения самого метеорного тела.

Метеорит (meteorite). Метеорное тело, упавшее на поверхность Земли (а не сгоревшее в атмосфере).

Метеорное тело (meteoroid). Мелкий твердый космический объект, состоящий из каменных пород и/или металла; вероятно, представляет собой обломок астероида или кометы.

Нейтронная звезда (neutron star). Объект, диаметр которого составляет всего десятки километров, но масса которого больше солнечной (все пульсары — нейтронные звезды, но не все нейтронные звезды — пульсары).

Оптическая двойная звезда (double star). Две звезды, которые кажутся очень близкими одна к другой на небе; иногда они действительно связаны (в случае **физической двойной звезды**), а иногда никак не связаны и находятся на разных расстояниях от Земли.

Орбита (orbit). Траектория движения небесного тела или космического аппарата.

Переменная звезда (variable star). Звезда, блеск которой заметно меняется.

Планета (planet). Большой круглый объект, сформировавшийся в плоском облаке вокруг звезды, который, в отличие от звезды, не генерирует энергию в процессе ядерных реакций.

Планетарная туманность (planetary nebula). Светящееся расширяющееся облако газа, выброшенное умирающей солнцеподобной звездой.

Покрытие (occultation). Явление, наблюдаемое при прохождении одного небесного тела перед другим, когда первое закрывает второе от наблюдателя.

Пульсар (pulsar). Нейтронная звезда с высокой намагниченностью, которая быстро вращается и излучает пучки энергии (это могут быть радиоволны, рентгеновские лучи, гамма-лучи и/или видимый свет).

Сверхновая (supernova). Колоссальный взрыв, который приводит к разрушению всей звезды; в результате может образоваться черная дыра или нейтронная звезда.

Темная материя (dark matter). Неизвестная субстанция в космосе, присутствие которой обнаруживается по ее гравитационному влиянию на небесные объекты.

Терминатор (terminator). Линия, разделяющая освещенную и неосвещенную части поверхности небесного тела, которое светится отраженным светом Солнца, т.е. планеты, спутника или астероида.

Транзит (transit). Движение более мелкого небесного объекта, например Меркурия, перед более крупным объектом, например Солнцем.

Туманность (nebula). Газо-пылевое облако в космосе, которое может излучать, отражать и/или поглощать свет.

Физическая двойная звезда (binary star). Две звезды, вращающиеся вокруг общего центра масс; для этого понятия используется также термин **двойная система**.

Черная дыра (black hole). Объект, гравитация которого настолько сильна, что ничто не может вырваться из него, даже луч света.

Эклиптика (ecliptic). Видимый путь Солнца по небу на фоне созвездий.

Эффект Допплера (Doppler effect). Изменение воспринимаемой частоты или длины световой либо звуковой волны по причине движения ее источника по отношению к наблюдателю.

Небесные единицы измерения

Астрономическая единица, а.е. (astronomical unit). Единица измерения расстояния в космосе, равная среднему расстоянию от Земли до Солнца, т.е. примерно 150 миллионов километров.

Звездная величина (magnitude). Мера относительной яркости (блеска) звезды; меньшим значениям звездной величины соответствуют более яркие звезды. Например, звезда первой звездной величины в 100 раз ярче звезды шестой звездной величины.

Минуты и секунды дуги, или угловые минуты и секунды (arc minutes/seconds). Единицы измерения на небе. Полный круг на небе содержит 360°; каждый градус делится на 60 дуговых минут, а каждая минута — на 60 дуговых секунд.

Прямое восхождение (right ascension). Координата, соответствующая географической долготе и измеряемая в восточном направлении на небе от точки весеннего равноденствия (точка на небе, где небесный экватор пересекается с эклиптикой и где Солнце находится в первый день весны в Северном полушарии).

Световой год (light-year). Расстояние, которое проходит свет за год, перемещаясь в пространстве со скоростью 300 тысяч километров в секунду. Равен примерно 9 400 миллиардам километров.

Склонение (declination). Координата, соответствующая географической широте и измеряемая в градусах в северном или южном направлении на небе от небесного экватора.

Предметный указатель

О

OB-ассоциации, *182*

W

WIMP-частицы, *217*

А

Активное галактическое ядро, *200*
  единая модель, *202*
Анизотропия, *224*
Антиматерия, *218*
Апертура, *52*
Астеризм, *22*
Астероиды, *109*
  потенциально опасные, *111*
  размеры, *109*
Астрономическая единица, *33*
Астрономия, *21*

Б

Белая дыра, *196*
Бинокли, *52*
  параметры, *52*
Блазар, *201*
Болид, *62*
Большое Сжатие, *222*
Большой Взрыв, *230*

В

Вакуум, *222*
Великие Стены, *193*
Венера
  пепельный свет, *104*
  транзит, *105*
  фазы, *103*
Возраст
  Вселенной, *225*
  Земли, *84*
  хаббловский, *225*
Время
  всемирное, *81*
  всемирное координированное, *82*
  системы измерения, *81*
  среднее солнечное, *81*
Выбросы корональных масс, *138*

Г

Галактика, *186*
  Андромеды, *177*
  Большое Магелланово Облако, *177*
  карликовая, *189*
  линзообразная, *188*
  Малое Магелланово Облако, *177*
  Млечный Путь, *176*
  наблюдение, *189*
  неправильная, 189
  низкой поверхностной яркости, *189*
  пересеченная спиральная, *187*
  сейфертовская, *200*
  спиральная, *187*
  типы, *187*
  эллиптическая, *188*
Галактическая
  выпуклость, *177*
  долгота, *178*
  плоскость, *177*
  широта, *178*
Галактический
  диск, *177*
  обод, *179*
  центр, *177*
  экватор, *177*
Год
  галактический, *37*
  световой, *31*
Горячий юпитер, *211*
Гравитационное линзирование, *172*; *218*

Д

Датирование
  радиоактивное, *84*
Двойная звезда
  оптическая, *165*
  физическая, *164*
День
  весеннего равноденствия, *83*
  зимнего солнцестояния, *83*

летнего солнцестояния, *83*
осеннего равноденствия, *83*
Диаграмма Герцшпрунга–Ресселла, *160*
Диск аккреционный, *197*

З

Закон Хаббла, *225*
Затмение звездное, *171*
Затмение Солнца
кольцеобразное, *148*
наблюдение, *148*
полное, *148*
типы, *148*
частичное, *148*
Звездная величина, *27*; *31*
абсолютная, *50*
видимая, *50*
ограниченная, *50*
Звездное скопление, *179*
открытое, *179*
шаровое, *181*
Звезды
главной последовательности, *153*; *154*; *155*
затменно-двойные, *171*
кратные, *165*
наблюдение, *174*
нейтронные, *154*; *157*
новые, *170*
околополярные, *51*
переменные, *168*
промежуточной массы, *155*
сверхновые, *157*; *170*
Солнце, *133*
сравнения, *174*
центральные планетарных туманностей, *157*
Земля
атмосфера, *78*
биосфера, *78*
геосфера, *78*
гидросфера, *78*
криосфера, *78*
литосфера, *78*
магнитосфера, *78*; *137*

И

Изотоп
дочерний, *84*
радиоактивный, *84*

К

Карлик
белый, *153*; *154*; *156*
красный, *154*; *155*
Карта альбедо, *106*
Каталог
индексный, *31*
Мессье, *30*
новый общий, *31*
Квазар, *198*; *199*
оптически переменный, *201*
радиогромкий, *200*
радиоспокойный, *200*
Комета, *67*
ионный (плазменный) хвост, *69*
кома, *68*
пылевой хвост, *68*
хвост, *229*
Шумейкера–Леви, *120*
ядро, *67*
Космические пустоты, *192*
Космический микроволновый фон, *221*
Красный
гигант, *153*; *154*; *155*
сверхгигант, *156*
Кратеры ударные, *88*
Криовулканизм, *126*

Л

Луна, *84*
геология, *88*
затмения, *86*
моря, *88*
обратная сторона, *90*
приливы, *231*
синхронное вращение, *90*
теория происхождения, *90*
фазы, *85*

М

Магнитные поля
перезамыкание, *138*
Марс
обратное (ретроградное) движение, *105*
противостояния, *104*
Материя
барионная темная, *216*
видимая, *215*
критическая плотность, *216*

темная, *214*; *231*
холодная темная, *215*
Маятник Фуко, *49*
Меркурий
транзит, *107*
Местная Группа Галактик, *37*; *191*
Метеор, *60*
спорадический, *61*
хвост, *62*
яркий, *61*
яркий дневной, *61*
Метеорит, *60*; *229*
типы, *61*
Метеорное тело, *60*
астероидное, *61*
кометное, *60*
Метеороид, *60*
Метод проекции, *142*
Микролинзирование, *172*
Микрометеорит, *61*; *230*
Молодые звездные объекты, *153*; *154*
Мультивселенная, *222*

Н

Небесный полюс
северный, *34*
южный, *35*
Нептун
наблюдение, *129*
спутники, *126*

О

Объекты
дальнего космоса, *31*
квазизвездные, *200*
околоземные, *111*
пояса Койпера, *128*
типа BL Ящерицы (лацертиды), *201*
Хербига–Аро, *154*
Окружности склонений, *35*
Опора
высотно-азимутальная, *56*
экваториальная, *56*

П

Парсек, *191*
Переменные звезды
взрывные, *170*
вспыхивающие, *169*
пульсирующие, *168*
типы, *168*
Период полураспада, *84*
Планетарий, *42*
Планетология сравнительная, *80*
Планеты, *23*; *77*
Венера, *94*; *231*
внесолнечные (экзопланеты), *211*
Земля, *77*
земной группы, *77*
Марс, *95*; *104*
Меркурий, *93*; *107*
Нептун, *125*
Плутон, *127*; *230*
Сатурн, *115*; *121*
Уран, *125*; *126*
Юпитер, *115*; *116*
Плутиносы, *128*
Погода космическая, *138*
Покрытие, *113*
астероидное, *114*
Поле геомагнитное, *80*
Полярное сияние
северное, *79*; *92*
формы, *92*
южное, *79*; *92*
Постоянная
солнечная, *140*
Хаббла, *225*
Поток
галактик Хаббловский, *37*
метеорный, *63*
Пояс
астероидов, *110*
Койпера, *128*
Программа SETI, *23*; *205*
Проект Phoenix, *208*
Противостояние, *101*
Прямое восхождение, *33*
Пульсар, *157*

Р

Радиант, *63*
Радиогалактика, *201*
Резонанс, *128*

С

Сатурн
кольца, *121*
спутники, *123*
щель Кассини, *121*

Сверхновая, *154*; *231*
типа Ia, *159*
типа II, *157*
Сверхскопление галактик, *192*
Синтез ядерный, *134*
Склонение, *33*
Скопление галактик, *188*; *192*
Смена времен года, *82*
Соединение, *101*
верхнее, *102*
нижнее, *102*
Созвездие, *22*
Созвездия зодиакальные, *50*
Солнечные пятна, *230*
Солнечный ветер, *69*; *137*
Солнце
зона конвекции, *136*
зоны, *136*
излучающая зона, *136*
корона, *137*
наблюдение, *142*; *146*
продолжительность жизни, *141*
пятна, *136*; *139*
размер и форма, *135*
солнечные вспышки, *138*
фотосфера, *136*
хромосфера, *137*
ядро, *136*
Спектральный тип, *160*
Спектроскопия звезд, *166*
Спутники
Галилеевы, *118*
наблюдение, *119*
искусственные, *72*
Сравнительная планетология, *108*
Сутки сидерические, *81*

Т

Телескопы, *54*
зеркально-линзовые, *55*
окуляры, *55*
опоры, *56*
рефлекторы, *54*
рефракторы, *54*
типы, *54*
Теория
Большого Взрыва, *220*
доказательства, *220*
раздувания (инфляции) Вселенной, *221*
Терминатор, *90*; *103*
Туманность, *182*
гигантское молекулярное облако, *182*; *183*
зона H II, *182*
наблюдение, *185*
остатки сверхновой, *183*; *185*
отражающая, *182*
планетарная, *183*
протопланетарная, *184*
темная, *182*
Туннель пространственно-временной, *196*

У

Уравнение Дрейка, *206*
Уран
кольца, *126*
наблюдение, *129*
спутники, *126*

Ф

Фильтры
внеосевые, *144*
полноапертурные, *144*
Формула количества солнечных пятен, *146*

Ц

Цикл солнечной активности, *139*

Ч

Черная дыра, *153*; *154*; *159*; *194*
горизонт событий, *195*
звездной массы, *159*
искривление пространства и времени, *197*
промежуточной массы, *160*
сверхмассивная, *160*
сингулярность, *196*
структура, *195*
типы, *195*

Э

Эклиптика, *83*
Элонгация, *101*
Энергия темная (странная), *223*
Эффект
Допплера, *167*
Зеемана, *166*
Штарка, *166*

Ю

Юпитер
спутники, *118*; *123*

Я

Явление расширения Вселенной, *220*

Научно-популярное издание

Стивен Маран

Астрономия для "чайников"

В издании использованы карикатуры
американского художника Рича Теннанта

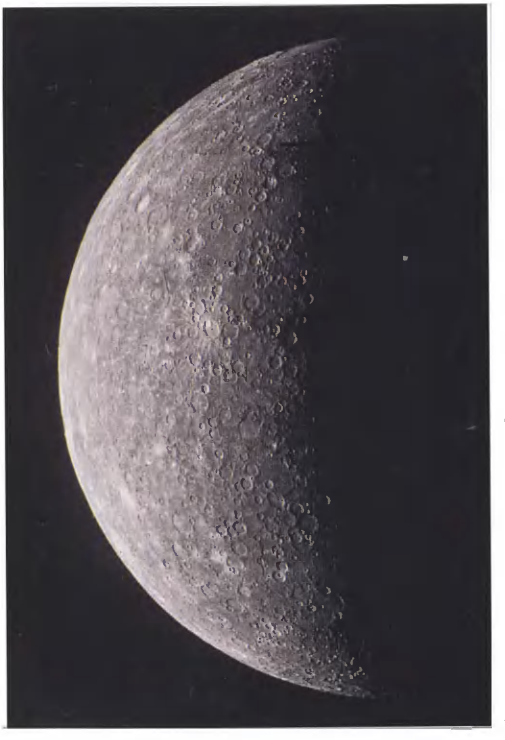
Литературный редактор	*Л.Н. Важенина*
Верстка	*В.И. Бордюк*
Художественный редактор	*С.А. Чернокозинский*
Корректоры	*З.В. Александрова, Л.А. Гордиенко, Л.В. Чернокозинская*

Издательский дом "Вильямс".
101509, Москва, ул. Лесная, д. 43, стр. 1.
Изд. лиц. ЛР № 090230 от 23.06.99
Госкомитета РФ по печати.

Подписано в печать 20.04.2004. Формат 70×100/16.
Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 16,0. Уч.-изд. л. 17,8.
Тираж 3500 экз. Заказ № 2508.

Отпечатано с диапозитивов в ФГУП "Печатный двор"
Министерства РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
197110, Санкт-Петербург, Чкаловский пр., 15.

Наша родная планета Земля и ее спутник Луна



Меркурий, ближайшую к Солнцу планету, редко можно увидеть невооруженным глазом, так как она теряется в солнечном свете

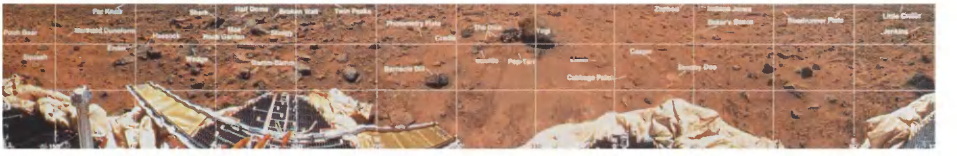
Фото любезно предоставлено NASA

Фото любезно предоставлено NASA

Укутанная облаками Венера — второй по яркости объект в ночном небе после Луны

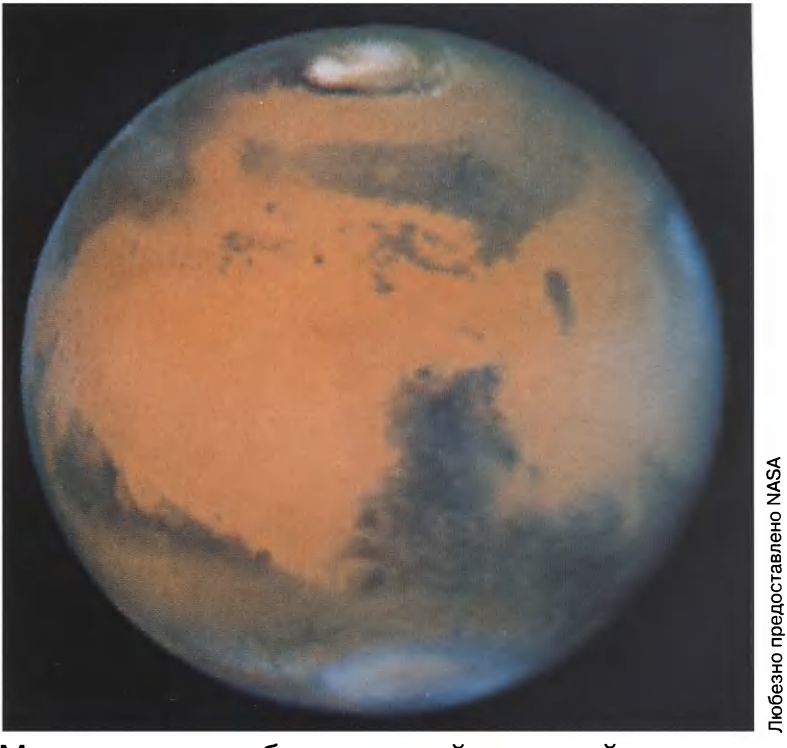
Марсианский закат

Любезно предоставлено NASA



Вид с места приземления аппарата Mars Pathfinder

Любезно предоставлено NASA



Любезно предоставлено NASA

Марс, вероятно, будет первой планетой, которую посетят люди с Земли

Юпитер и его четыре Галилеевых спутника: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто. У этой планеты есть множество мелких спутников и система колец

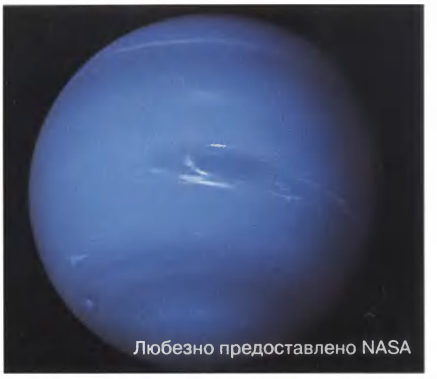
Ио, спутник Юпитера с очень активной вулканической деятельностью

Сатурн и два из его спутников

Любезно предоставлено NASA

На многих фотографиях космических объектов используют дополнительные (“фальшивые”) цвета, чтобы прояснить детали, выявить структуру или такие области, как кольца Сатурна

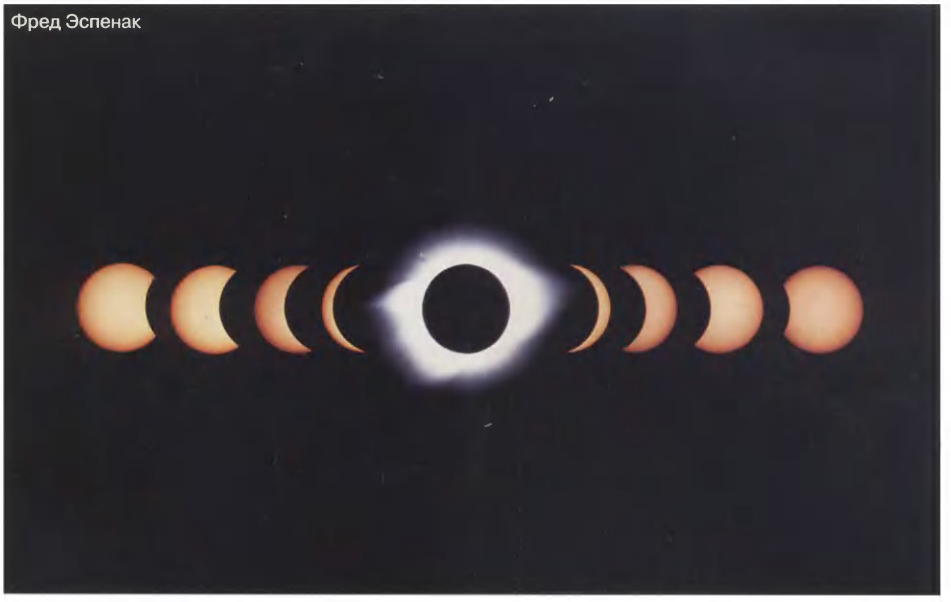
У Урана, как и у Сатурна, есть кольца, но их нельзя увидеть в любительский телескоп



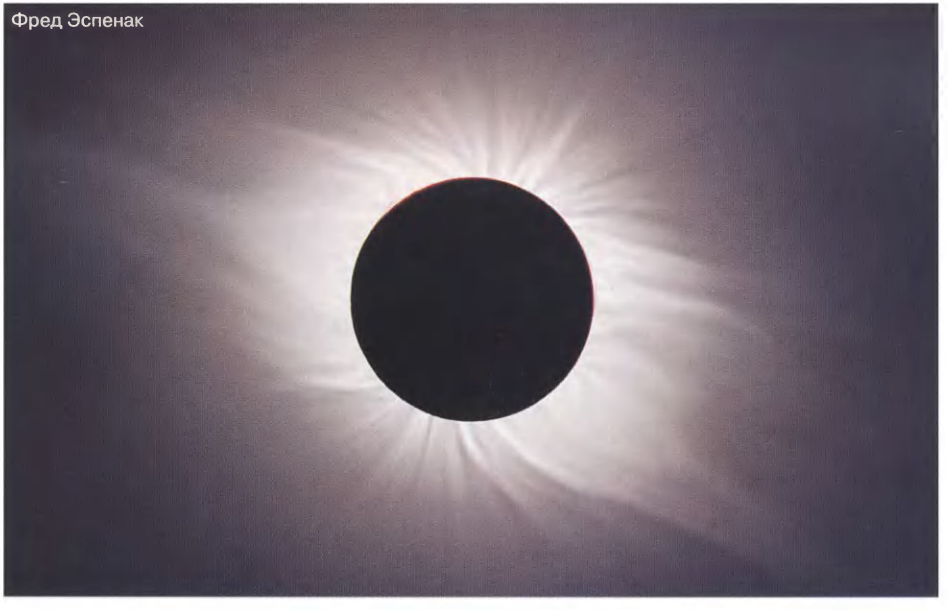
Полосатые белые облака и большое темное пятно, выделявшиеся в атмосфере Нептуна, когда была сделана эта фотография

Тритон, один из восьми известных спутников Нептуна, больше планеты Плутон и имеет необычные детали на поверхности

Плутон, хотя и имеет статус планеты, составляет всего две трети размера Луны. Спутник Плутона Харон всего в два раза меньше его



Фазы затмения, 1994 год



Полное затмение Солнца, 1998 год

Англо-австралийская обсерватория, Королевская обсерватория, Эдинбург. Фото Дэвида Мэлина

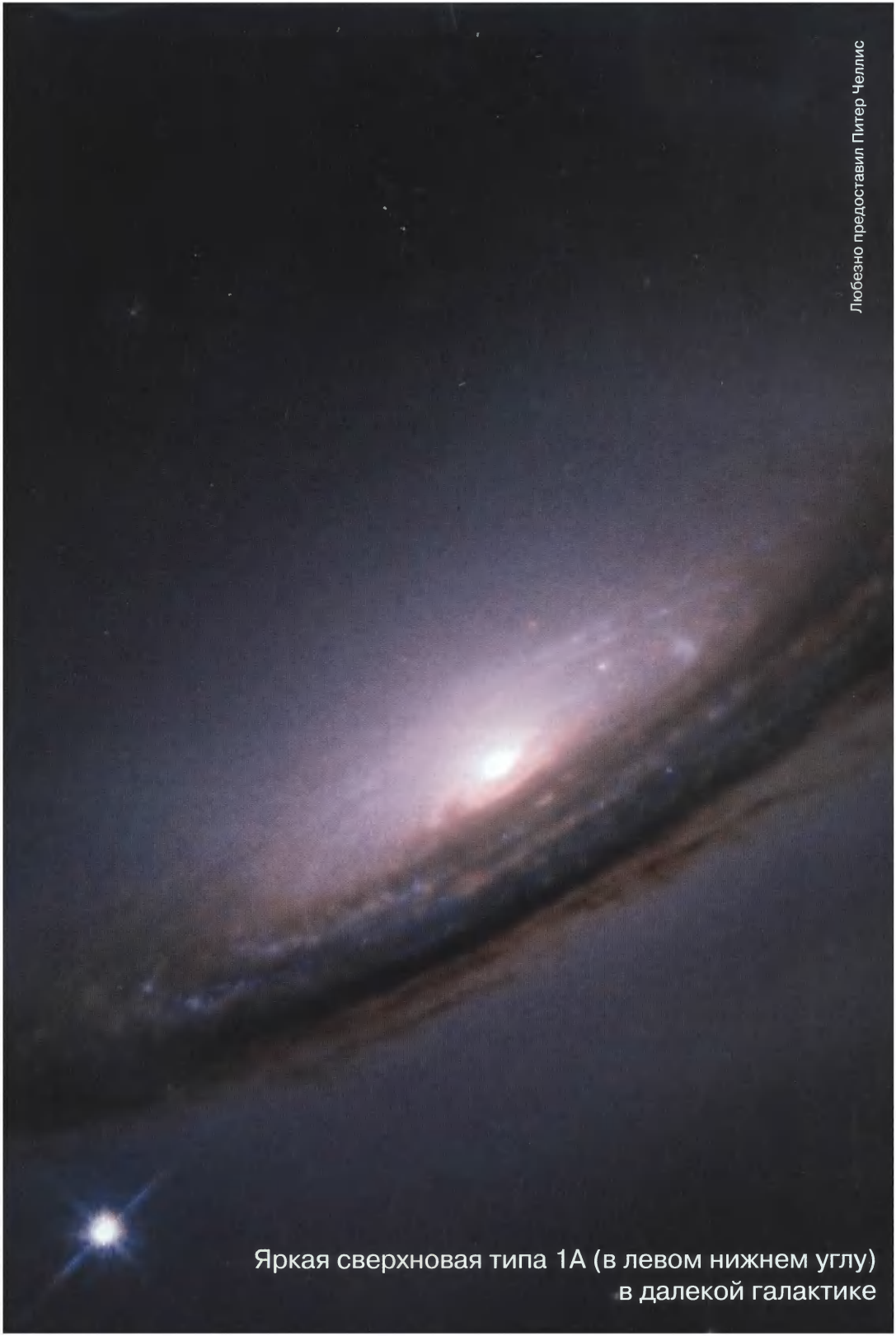
Большое Магелланово Облако: неправильная галактика возле Млечного Пути, видимая невооруженным глазом из Южного полушария

Мэлин/IAC/RGO. Фото Дэвида Мэлина

Спиральная галактика, вид сбоку

Джерри Лодригесс, 1999 г.

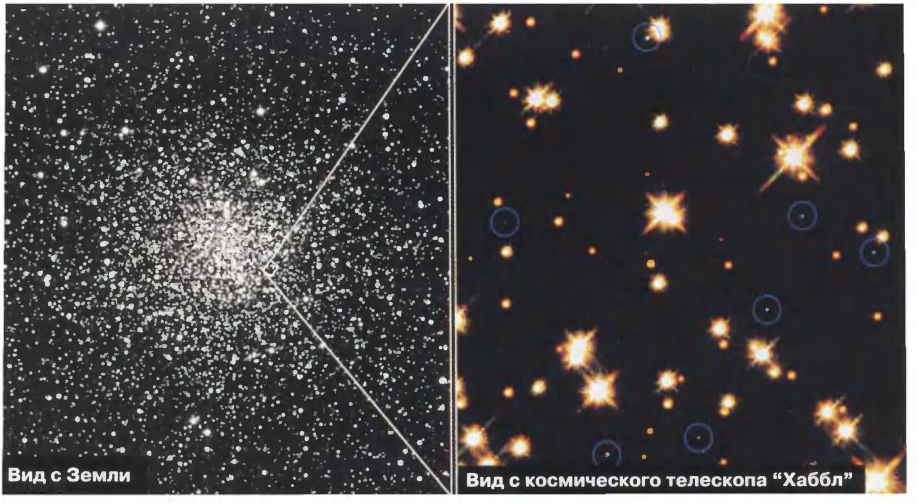
Спиральная галактика в созвездии Андромеды и две ее соседние намного меньшие галактики



Любезно предоставил Питер Челлис

Яркая сверхновая типа 1А (в левом нижнем углу)
в далекой галактике

Молодое звездное скопление рядом с эмиссионной туманностью. Горячие молодые звезды питают энергией туманность и заставляют ее светиться



Любезно предоставлено NASA

Шаровое скопление состоит из тысяч звезд; на фото справа кружочками обведены крошечные белые карлики

Джерри Лодригесс, 1999 г.

Плеяды, или Семь Сестер, в созвездии Тельца — это самое известное открытое звездное скопление. Звездные скопления — это группы звезд, удерживаемых вместе гравитацией. В открытых скоплениях могут быть десятки звезд, не образующих никакой конкретной фигуры

Джерри Лодригесс, 1999 г.

Двойное скопление в созвездии Персея — это пара открытых скоплений, состоящих из очень молодых звезд

Любезно предоставлено NASA

Туманность Песочные Часы — это планетарная туманность, имеющая форму гантели

Любезно предоставлено NASA

Туманность Скат — это, наверное, самая молодая известная планетарная туманность

Джерри Лодригесс, 1999 г.

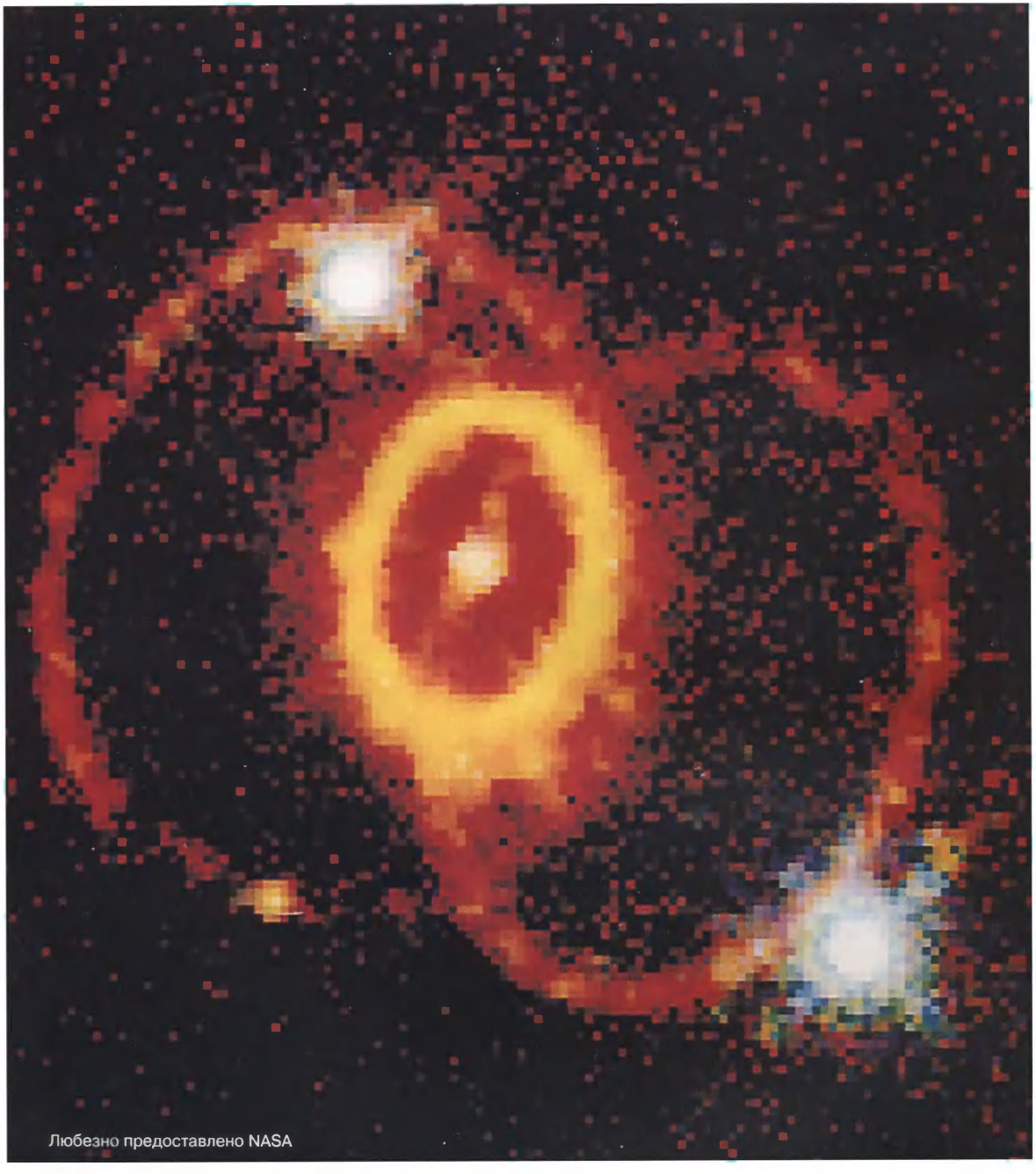
Трехраздельная туманность в созвездии Стрельца

Любезно предоставлено NASA

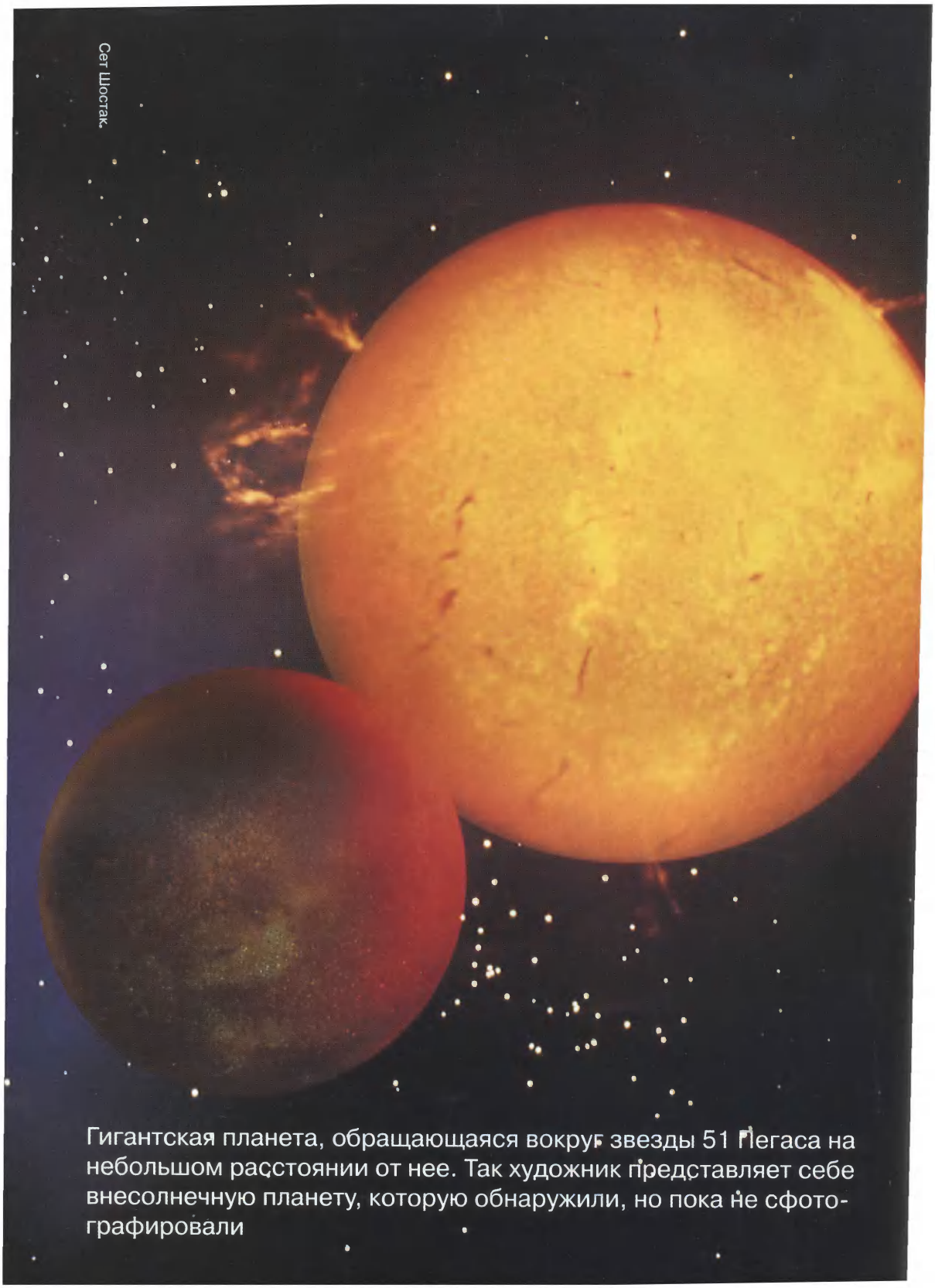
Звездное скопление (в правом нижнем углу) в туманности Тарантул, далеком "звездном роддоме" на южном небе

Кольцевая туманность — это последний вздох умирающего солнца. Туманности связаны и с рождением, и со смертью звезд

Плотная планетарная туманность NGC 7027 скрывает из виду свою центральную звезду



Расширяющиеся остатки взорвавшейся сверхновой 1987 A — это маленькое центральное пятно на изображении. Вокруг пятна находятся яркое центральное кольцо и два внешних кольца. Все кольца состоят из газа, выброшенного из звезды задолго до ее взрыва



Гигантская планета, обращающаяся вокруг звезды 51 Пегаса на небольшом расстоянии от нее. Так художник представляет себе внесолнечную планету, которую обнаружили, но пока не сфотографировали

Приведены карты звездного неба и цветные фотографии космических объектов!

WILEY

ДИАЛЕКТИКА

Вы узнаете:

- *как наслаждаться наблюдением неба возле своего дома*
- *как различать планеты и звезды*
- *как исследовать Солнечную систему, Млечный Путь и Вселенную за его пределами*
- *что такое Большой Взрыв, квазары, антиматерия и многое другое*
- *как присоединиться к Программе поиска внеземного разума (SETI)*

Знаете ли вы, чем отличается красный гигант от белого карлика?

Если вы любите смотреть на ночное небо и хотите знать, что же вы видите, эта книга для вас. С ней вы совершите увлекательное путешествие по Вселенной — от астероидов до черных дыр; многое узнаете, — как с максимальной пользой наблюдать за небом, посещать планетарии и обсерватории, и поближе познакомитесь с астрономической деятельностью.

Стивен П. Маран, д-р философии, в течение 30 лет работал над различными космическими программами. В настоящее время — пресс-атташе Американского астрономического общества.

Из отзывов о книге *Астрономия для "чайников"*

"Если вам всегда казалось, что астрономия выше вашего понимания, то книга *Астрономия для "чайников"* — это то, что вам нужно".

— Нейл де-Грассе Тайсон, астрофизик и директор Хейденского планетария, Нью-Йорк

"Если вы только начинаете свое путешествие по Космосу,... то вам необходим этот путеводитель".

— Лейф Дж. Робинсон, главный редактор Sky & Telescope

ISBN 5-8459-0612-1

04057

9 785845 906120

Категория

Астрономия/Наука

Посетите "Диалектику" в Internet по адресу http://www.dialektika.com