

ГРАНДИОЗНЫЙ МИР

ГМ

АСТРОНОМИЯ

с Патриком Муром



ВСЕ О СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ,
О ПЛАНЕТАХ НАШЕЙ ГАЛАКТИКИ,
ВСЕ О ВИДИМОЙ ВСЕЛЕННОЙ

КЛЮЧИ ОТ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

СОДЕРЖАНИЕ

<i>От редактора перевода</i>	5
<i>Предисловие.....</i>	9
1. ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ.....	11
2. ВРАЩЕНИЕ НЕБОСВОДА.....	27
3. ЛЮДИ СМОТРЯТ В НЕБО.....	39
4. ТЕЛЕСКОП АСТРОНОМА.....	62
5. В КОСМОС.....	72
6. СОЛНЦЕ.....	88
7. ЛУНА.....	112
8. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА.....	130
9. ВНУТРЕННИЕ ПЛАНЕТЫ.....	145
10. ВНЕШНИЕ ПЛАНЕТЫ.....	169
11. АСТЕРОИДЫ, КОМЕТЫ И МЕТЕОРЫ.....	194
12. ЗВЕЗДЫ.....	219
13. СОЗВЕЗДИЯ.....	229
14. ДВОЙНЫЕ И ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ.....	263
15. ЖИЗНЬ И СМЕРТЬ ЗВЕЗДЫ	278
16. ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ И ТУМАННОСТИ	297
17. ГЛУБИНЫ ВСЕЛЕННОЙ.....	308
18. В БУДУЩЕЕ.....	325
Приложение 1. СВЕДЕНИЯ О ПЛАНЕТАХ.....	340
Приложение 2. СВЕДЕНИЯ О МАЛЫХ И ГЛАВНЫХ СПУТНИКАХ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	342
Приложение 3. НЕКОТОРЫЕ АСТЕРОИДЫ.....	344
Приложение 4. НЕКОТОРЫЕ КОМЕТЫ. ГЛАВНЫЕ МЕТЕОРНЫЕ ДОЖДИ	346
Приложение 5. СОЗВЕЗДИЯ.....	347
Приложение 6. ЗВЕЗДЫ ПЕРВОЙ ВЕЛИЧИНЫ ..	350
Приложение 7. НАЗВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗВЕЗД ..	351
<i>Словарь</i>	353

ASTRONOMY

wild Pitriect Moore

АСТРОНОМИЯ

с Патриком Муром



Москва
2004

ИЗДАТЕЛЬСКО-
ТОРГОВЫЙ ДОМ
ГРАНД 

УДК 52
ББК 22.6
М91

Мур П.

М91 Астрономия с Патриком Муром/Патрик Мур. —
Пер. с англ. К. Савельева. — М.: ФАИР-ПРЕСС,
2004. — 368 с.: ил. — (Грандиозный мир).

ISBN 5-8183-0113-3

Книга известного популяризатора астрономии Патрика Мура, ведущего более 40 лет на телеканале «Би-Би-Си» передачу «Ночное небо», будет интересна всем. Его талант говорить просто о сложном подвигнет новичка к овладению навыками наблюдения за звездным небом, а профессионала заставит по-новому взглянуть на предмет и научит излагать его понятным языком. Таким образом, у вас в руках и пособие для начинающих, и методическое руководство для преподавателей. Но это еще не все. Автор книги, человек, влюбленный в звезды, настолько заворочит вас своими рассказами, что вы станете активным участником наблюдений за ночным небом, и потрясающее величие астрономической науки преобразит вашу душу, вызвав самую неутолимую в мире жажду — жажду знаний.

Книга адресована педагогам, руководителям астрономических кружков, студентам, школьникам и всем любознательным читателям, ступившим на путь познания нашей Вселенной.

1,1

УДК 52
ББК 22.6

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 5.8183.0113-3

Copyright © 1995 Patrick Moore
© Издание на русском языке, перевод
на русский язык, оформление.
фаир-пресс, 2001

Со времен глубочайшей древности небо привлекало внимание людей. Изучение закономерностей движения Солнца, Луны, планет дало человечеству математику, механику, физику... Нет ни одной древней цивилизации, представители которой не изучали бы небо, не создавали календарей, упорядочивая и регламентируя таким образом свою жизнь. Развитие человечества на Земле невозможно представить без истории познания неба, построения астрономической карты неба.

Патрик Мур, известный популяризатор астрономии, в простой и самой доступной форме знакомит читателя со звездным небом. У Патрика Мура есть удивительный талант — доступно рассказывать и о простейших навыках, необходимых любознательному наблюдателю, и о самых последних событиях, сделанных астрофизиками наших дней. А главное, читая книгу, сразу понимаешь, что написана она человеком, по-настоящему влюбленным в небо. Эффект удивителен — появляется желание увидеть все самому.

Книга будет интересна каждому, независимо от его начальных познаний в астрономии, ибо написана она без использования математического аппарата. При этом изложение сведений дает полное представление о современной астрономической картине мира. Профессионалу она будет интересна как пример изложения сложных понятий в простой и доступной манере.

Особый интерес «Астрономия с Патриком Муром» вызовет у школьников и педагогов, тем более что подобных книг в настоящее время издается крайне мало. Астрономия сегодня исключена из обязательной школьной программы, но во многих школах ее преподают факультативно. При правильном методическом подходе такое изучение этого увлекательного предмета поможет каждому учащемуся сформировать представление о современной карте мира и свое собственное мировоззрение. Величие астрономии как науки воздействует на эмоциональную сферу личности, способствует глубокому пониманию основ всех естественных наук.

Первая глава книги посвящена общему описанию ближайших окрестностей нашего мира — Солнечной системы. Вторая — особенностям вращения Земли и связанным

с ними видимым движениям звездной сферы. Далее, в третьей главе, следует краткое изложение истории развития астрономической карты мира с глубокой древности до наших дней. Четвертая глава посвящена рассказу об основном инструменте астрономов — телескопе. В пятой главе читателя ждет информация об основах механики космического полета. Все начинается с объяснения, что такое космические скорости и как тело может преодолеть притяжение Земли и других планет. Заканчивается глава рассказом об особенностях траекторий полетов автоматических станций к планетам Солнечной системы.

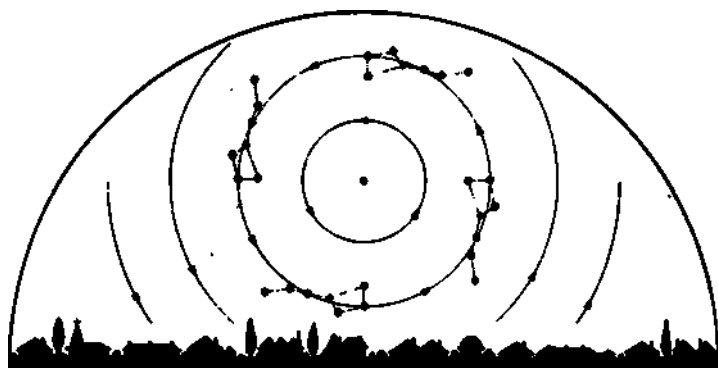
В следующих шести главах читатель найдет подробную информацию о Солнце, Луне, планетах и малых телах Солнечной системы. Описания сопровождаются информацией о том, какие описанные явления любители астрономии могут наблюдать. Главы с двенадцатой по пятнадцатую посвящены звездам. Описание звездного мира одновременно представляет собой и руководство для любителя наблюдений, обладающего небольшим телескопом или даже простой трубой или биноклем. Это делает рассказ особенно захватывающим, ведь все это можно увидеть своими глазами... Одна из указанных «звездных» глав — тринадцатая — настоящий путеводитель по звездному небу для наблюдателя, находящегося в различных географических областях и в разные времена года, как в Северном, так и в Южном полушарии Земли. Любители путешествий, не упустите свой шанс увидеть небо таким, каким вы никогда не увидите его над своим домом! А чтобы не заблудиться среди незнакомых звездных россыпей, отправляйтесь в путь с... «Астрономией с Патриком Муром».

Три заключительных главы книги посвящены описанию Галактики и всех галактических и внегалактических объектов, изучаемых в настоящее время астрофизиками. Вы найдете их описания, демонстрирующие, какими они предстанут пытливому взору наблюдателя.

Завершается книга небольшим словарем и таблицами, содержащими современные данные о небесных телах.

Мы желаем школьникам, педагогам, руководителям астрономических кружков, любителям астрономических наблюдений и всем любознательным читателям, в руках которых окажется эта книга, всего самого доброго на пути познания нашего мира, нашей Вселенной.

А. Кузьмин



АСТРОНОМИЯ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Астрономия является одновременно самой легкой и наиболее сложной из всех наук.

С одной стороны, астрономические вычисления могут быть чрезвычайно сложными, но с другой стороны, любой человек может удовлетворить свой интерес к звездному небу не только на самом поверхностном уровне. Более того, астрономия до сих пор остается почти единственной научной дисциплиной, где важную роль играют любительские исследования. Работа любителей высоко оценивается профессиональными астрономами, которые в некоторых областях полагаются на нее.

В этой книге я собираюсь дать общий обзор астрономии. Здесь нет математических вычислений, кроме простого сложения, вычитания, деления и умножения; читателю не обязательно обладать какими-либо предварительными знаниями о предмете или пользоваться любым снаряжением, кроме собственных глаз. Я не ставлю перед собой задачу создать обширное руковод-

ство по наблюдению за звездным небом; для этого есть другие книги. Но если вы последуете за мной, то, надеюсь, у вас возникнет желание поглубже разобраться в этой области знаний. Астрономия — лучшее из всех увлечений, потому что вы можете уделять ей либо все свободное время, либо любую свободную минуту, по вашему усмотрению.

Итак, давайте начнем с самого начала.

ВВЕДЕНИЕ В АСТРОНОМИЮ

Хочу начать с ясного утверждения: «Все знают, что такое астрономия». К сожалению, это утверждение является неверным. Даже в наши дни я часто обнаруживаю, что многие люди путают астрономию с астрологией и полагают, будто я могу заглянуть в будущее — например, с помощью хрустального шара. Однако на самом деле нет двух более различных предметов.

Астрономия — это наука о небосводе и небесных телах, от Солнца и Луны до отдаленных звездных систем, расположенных на столь огромном расстоянии от нас, что мы видим их такими, какими они были сотни миллионов лет назад.

Астрология, связывающая звезды с человеческой судьбой и характером является пережитком прошлого. Она лишена какого-либо основания и в лучшем случае может быть сравнительно безобидной, пока ограничивается лотками на набережных, цирковыми шатрами и колонками в бульварных газетах.

Прояснив этот вопрос, мы можем приступить к «небесной перекличке». Очевидно, следует начать с Земли, которая некогда считалась самым важным небесным телом во всей Вселенной, но теперь, как мы знаем, является незначительной планетой, вращающейся вокруг столь же незначительной звезды, нашего Солнца.

Расстояние между Землей и Солнцем составляет 93 миллиона миль*; Земля совершает полный оборот вокруг светила за один год — или, точнее, за 365,2 дня. Наша планета также вращается вокруг своей оси (один полный оборот происходит примерно за 24 часа) и окружена слоем атмосферы толщиной в несколько сот миль, хотя большая ее часть сосредоточена на нижних уровнях.

Девяносто три миллиона миль, отделяющих нас от Солнца, кажутся огромным промежутком, но в астрономии нам приходится иметь дело с колоссальными расстояниями и гигантскими периодами времени. На самом деле никто не может постигнуть значение подобных цифр — во всяком случае, я не в состоянии представить себе даже один миллион миль, но мы знаем, что измерения точны, и просто принимаем их как нечто реально существующее.

Как Земля является обычной планетой, так и Солнце является обычной звездой. Все звезды, которые вы можете видеть в ясную ночь, сами по себе являются солнцами, причем многие из них гораздо больше, горячее и ярче нашего. Они лишь кажутся меньше и тусклее из-за огром-

* 1 миля равна 1,609 км.

ного расстояния. Если представить, что расстояние между Солнцем и Землей равно одному дюйму*, то до ближайшей звезды будет более четырех миль (если между Солнцем и Землей два с половиной сантиметра, ближайшая звезда находится почти в семи с половиной километрах).

Полярную звезду, которую большинство людей могут найти на небе и о которой я расскажу подробнее в следующей главе, при таком масштабе придется отдалить на расстояние в семь тысяч миль. Она по меньшей мере в шесть тысяч раз ярче Солнца, однако вовсе не кажется самой яркой звездой на ночном небе.

Вокруг Солнца вращается девять планет, из которых Земля является третьей в порядке удаления от нашего светила. Меркурий и Венера расположены ближе к Солнцу, чем мы; Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон находятся дальше.

В отличие от звезд, планеты не обладают собственной светимостью, а светятся лишь потому, что отражают солнечные лучи. Если бы какой-нибудь злокозненный демон внезапно украл Солнце с небосвода, то планеты (и Луна) сразу скрылись бы из виду, хотя, конечно, это не повлияло бы на другие звезды.

Планеты вращаются вокруг Солнца на различных расстояниях и с разной скоростью. Даже поверхностный взгляд на схему Солнечной системы говорит о том, что она разделена на две части.

* 1 дюйм равен 2,54 см.

Во-первых, мы имеем четыре малых планеты (от Меркурия до Марса), а затем широкий пробел, за которым следуют четыре гиганта, от Юпитера до Нептуна. Последним идет независимый карлик Плутон, который не вписывается в общую картину и, возможно, вообще недостойн статуса настоящей планеты.

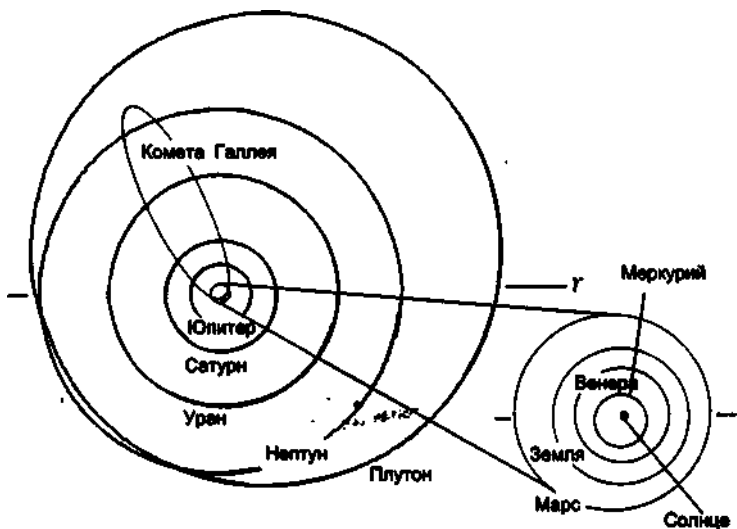
Широкий проем между орбитами Марса и Юпитера занимает рой очень мелких объектов, известных как малые планеты, планетоиды, или (гораздо чаще) астероиды.

Период обращения планет вокруг Солнца изменяется от 88 дней для Меркурия до почти 248 лет для Плутона. Размеры планет тоже очень различны. Диаметр Юпитера составляет более 89000 миль, диаметр Меркурия чуть больше 3000 миль, а Плутон еще меньше.

Поскольку планеты являются сравнительно близкими соседями, некоторые из них могут выглядеть весьма впечатляюще. Венера, Юпитер и Марс в лучшие времена сияют гораздо ярче любых звезд, Сатурн достаточно заметен, а Меркурий часто можно видеть в сумерках или на рассвете. Все эти планеты известны с глубокой древности, а три последних были открыты не так давно: Уран в 1781 году, Нептун в 1846 году, а Плутон в 1930 году. Уран в принципе можно увидеть невооруженным глазом, если вы знаете, куда смотреть, но для того, чтобы увидеть Нептун и Плутон, вам понадобятся оптические приборы.

Что можно сказать о Луне, которая правит в ночном небе так же, как Солнце царствует днем? Формально, Луна является спутником

Земли; она движется вокруг нашей планеты на расстоянии менее четверти миллиона миль, а ее диаметр немного превышает 2000 миль. Как и планеты, она отражает солнечный свет. Поскольку периоды обращения Луны вокруг Земли и вокруг своей оси в точности совпадают (из-за чего Луна всегда повернута к Земле одной своей стороной), а Солнце может освещать только одну ее половину, мы можем наблюдать регулярные фазы или изменения облика Луны от новолуния к полнолунию и до следующего новолуния, которые зависят от того, какая часть всегда видимой с Земли половины Луны в данный момент освещена Солнцем. Это без-



План Солнечной системы, включая орбиту кометы Галлея

воздушный, безводный, безжизненный мир, но он остается нашим верным спутником в Космосе и сопровождает нас в бесконечном путешествии вокруг Солнца. Луна совершает один полный оборот вокруг Земли немногим более чем за 27 суток, хотя по причинам, которые будут объяснены позднее, интервал между двумя новолуниями составляет не 27, а 29,5 суток.

Другие планеты имеют собственные спутники, числом до 18 у Сатурна, но в некоторых отношениях система Луна — Земля является уникальной, и возможно, ее лучше рассматривать как двойную планету, а не как планету со спутником.

К семье Солнечной системы принадлежат и кометы, которые иногда называют «грязными снежками». Это хрупкие, призрачные создания, и даже у крупной кометы единственной материальной частью является ее ядро, состоящее из смеси льда с разнообразным космическим мусором и редко достигающее более нескольких миль в поперечнике.

Подобно планетам, кометы путешествуют вокруг Солнца, но в то время как орбиты планет близки к окружностям, орбиты комет в большинстве случаев бывают эксцентричными.

Когда комета приближается к Солнцу, лед начинает испаряться, в результате чего у кометы образуется газообразная «голова» и длинный хвост. Когда комета снова отступает в холодные глубины Солнечной системы, все это исчезает, и остается лишь инертное ядро.

Единственная яркая комета, которая появляется регулярно, — это комета Галлея (назван-

ная в честь второго королевского астронома Эдмонда Галлея); она возвращается через каждые 76 лет, и последний раз нанесла Солнцу визит в 1986 году. Действительно яркие кометы имеют значительно более долгие периоды обращения, поэтому мы не можем предсказать их появление.

Время от времени кометы «погибают», как это произошло в июле 1994 года, когда комета Шумейкера — Леви-9 столкнулась с Юпитером и была полностью уничтожена.

Заметьте, что кометы движутся далеко за пределами земной атмосферы и удалены на большие расстояния. Поэтому если вы видите светящийся предмет, который заметно перемещается, пока вы смотрите на него, то это не может быть кометой.

Путешествуя в Космосе, комета оставляет за собой длинный след из частиц космической пыли. Если одна из таких частиц попадает в верхние слои атмосферы, она начинает сталкиваться с частицами воздуха, быстро нагревается и сгорает, прочертив в небе светящуюся линию, которую мы называем метеором или «падающей звездой». Таким образом, «падающая звезда» не имеет абсолютно никакой связи с реальными звездами. Это крошечный кусочек кометного вещества, обычно меньше булавочной головки. Мы видим его лишь в последние несколько секунд его существования, прежде чем он полностью сгорит, окончив свое путешествие к Земле в виде мельчайшей пыли.

Более крупные тела, не связанные с кометами и способные пройти через плотные слои

атмосферы без полного сгорания, называются метеоритами. Некоторые метеориты при падении образуют кратеры; например, Аризонский кратер в США, без сомнения, образовался в результате метеоритного удара более 5000 лет назад.

Метеориты появляются из пояса астероидов, и в сущности, нет никакой разницы между крупным метеоритом и мелким астероидом; это лишь вопрос терминологии. За последние годы несколько крошечных астероидов, каждый значительно меньше мили в поперечнике, пролетели мимо нас на расстоянии, наполовину меньшем, чем расстояние от Земли до Луны. Диаметр одного из этих космических «карликов» составлял не более 30 футов*.

Если не считать Плутона, планеты движутся вокруг Солнца практически в одной плоскости, поэтому если мы нарисуем схему Солнечной системы на листе бумаги, то будем недалеко от истины.

Это не относится к кометам или астероидам. Некоторые кометы вообще огибают Солнце в обратном направлении; одной из них является комета Галлея. Кроме того, существует огромная масса вещества, тонко рассеянного по всей плоскости планетной системы. Оно становится видимым при солнечном освещении и создает нежное сияние, которое мы называем зодиакальным светом.

В первую очередь люди обратили внимание на планеты потому, что, в отличие от звезд,

* 1 фут равен 0,3 м.

они изменяют свое положение на небосводе в течение суток. В сущности, само слово «планета» означает «странница». Звезды так далеки от нас, что их отдельные или совокупные движения очень незначительны, и рисунок созвездий кажется неизменным в течение многих поколений.

Вы можете сесть в машину времени Герберта Уэллса и отправиться во времена Вильгельма Завоевателя, Юлия Цезаря или даже Гомера: созвездия все равно будут практически такими же, как мы их видим теперь. Только члены Солнечной системы совершают заметные перемещения на фоне звездного неба, но даже Солнце, Луна и основные планеты строго придерживаются небесного пояса, который мы называем Зодиаком.

Созвездия, которыми мы сейчас пользуемся, достались нам по наследству от древних греков.

Птолемей, последний великий астроном классической эпохи, составил список из 48 созвездий, и все они до сих пор сохранились на наших звездных картах, хотя их границы были изменены и добавлены новые группы.

Греческие названия, латинизированные для удобства, увековечивают память о мифологических богах и героях, имеем с живыми существами и немногочисленными неодушевленными предметами. Так, на небе есть Орион (охотник), Геркулес (легендарный герой), Большая Медведица (Великая Медведица), Телец (Бык) и другие.

Наверное, самыми известными созвездиями в северных странах являются Большая Медведица и Орион. Оба они имеют четкие очертания: Большая Медведица никогда не заходит над Британией, но Орион не виден большую часть лета, так как Солнце в этот период расположено слишком близко к нему на небосводе. Важно помнить, что названия и рисунок созвездий на самом деле ничего не значат, так как отдельные звезды находятся на разном расстоянии от нас, и мы как бы наблюдаем трехмерную картину, спроецированную на двухмерную плоскость.

Межзвездные расстояния так велики, что обычные единицы измерения, такие, как мили и километры, становятся неприемлемо мелкими (точно так же было бы нелепо измерять расстояние между Лондоном и Нью-Йорком в дюймах или сантиметрах). К счастью, природа дала нам возможность выбора.

Свет не перемещается мгновенно; скорость его распространения составляет 186 000 миль в секунду, поэтому за год он может преодолеть примерно 5 880 000 000 000, или около шести триллионов миль. Это расстояние называется световым годом. Ближайшая к Солнцу звезда находится более чем в четырех световых годах от нас. Расстояние до Полярной звезды составляет 680 световых лет; до Ригеля, ярчайшей звезды в созвездии Ориона, примерно 900 световых лет. Отсюда следует, что когда мы выходим за пределы Солнечной системы, наша картина Вселенной неизбежно устаревает.

Мы видим Ригель таким, каким он был 900 лет назад, и если бы он вдруг погас, то мы бы не узнали об этом еще через 900 лет. С другой стороны, свет Солнца достигает Земли лишь за 8,6 минуты, а расстояние от Земли до Луны равно 1,25 световой секунды.

Стоит еще раз обратить внимание на тот факт, что звезды в любом созвездии не имеют какой-либо реальной связи друг с другом: они просто расположены в границах произвольно выбранного участка небосвода.

В созвездии Ориона, например, двумя ярчайшими звездами являются оранжево-красная Бетельгейзе и белый Ригель. Бетельгейзе находится на расстоянии 310 световых лет от нас, а Ригель — 900 световых лет. Это означает, что Бетельгейзе удалена от Ригеля на большее расстояние, чем от Солнца, и если бы мы имели возможность наблюдать эти звезды из другой точки в глубоком Космосе, то Бетельгейзе и Ригель вполне могли бы находиться на противоположных сторонах звездного неба. Фактически, названия созвездий абсолютно ничего не значат.

Древние китайцы и египтяне имели собственные созвездия. Если бы мы следовали древне-египетской системе, то на небе появились бы созвездия Кошки и Гиппопотама вместо Малой Медведицы и Тельца, хотя, разумеется, они состояли бы из тех же самых звезд.

Этот принцип действует и по отношению к «блуждающим» планетам. Когда мы говорим, например, что Марс «находится в Тельце», то на самом деле имеем в виду, что планета вид-

на на фоне сочетания звезд, которое мы называем созвездием Тельца, хотя звезды в этой группе не имеют никакой связи друг с другом и ничуть не напоминают настоящего быка или любое другое животное.

Хотя рисунок созвездий не претерпевает видимых перемен в течение многих веков, они не являются абсолютно постоянными. Звезды не фиксированы в Космосе; они движутся во всевозможных направлениях, с разной скоростью, и лишь их отдаленность создает иллюзию медленного движения (точно так же, как реактивный самолет, движущийся на фоне облаков, кажется гораздо более неповоротливым, чем ласточка, перелетающая с дерева на дерево). Рисунок созвездий постепенно меняется, и если бы мы могли вернуться в прошлое, скажем, на пятьдесят тысяч лет, ночное небо показалось бы нам почти незнакомым.

Наше Солнце входит в звездную систему, которую мы называем Галактикой Млечный Путь. Галактика состоит примерно из ста миллионов звезд, образующих форму, которую обычно сравнивают с двояковыпуклой линзой. Я предпочитаю сравнивать ее с яичницей-глазуньей из двух отдельных яиц, соединенных с плоской стороны.

Солнце, вместе с Землей и другими планетами Солнечной системы, расположено недалеко от главной плоскости Галактики, но вдали от ее центра, который находится почти в 30 000 световых лет от нас. Диаметр Галактики составляет примерно 100 000 световых лет. Когда мы обращаем свой взор вдоль галакти-

ческой плоскости, то одновременно видим множество звезд почти в одном и том же направлении. Именно они образуют Млечный Путь, этот прекрасный светящийся пояс, который тянется через ночное небо от одного горизонта к другому.

Млечный Путь состоит из звезд, которые кажутся так тесно скученными, что вот-вот столкнутся друг с другом, но это опять-таки обманчивое впечатление. Звезды разделены огромными расстояниями, и по крайней мере в спиральных рукавах Галактики прямые столкновения происходят очень редко.

Здесь и там мы обнаруживаем звездные скопления. Некоторые из них имеют рыхлую структуру и неправильную форму, другие симметричные и шарообразные. Наиболее знаменитым из рассеянных звездных скоплений являются Плеяды, или Семь Сестер, сияющие в ночном небе с поздней осени до ранней весны (в Северном полушарии, а в Южном — с ранней весны до поздней осени). Шаровые скопления гораздо более упорядочены и могут содержать до миллиона звезд.

В Галактике также можно найти облака межзвездного газа и пыли, известные как туманности. Немногие из них видны невооруженным глазом, но если воспользоваться телескопом, их количество значительно возрастает. Туманности — это космические «родильные дома», где новые звезды формируются из тонкого межзвездного вещества. Около пяти миллиардов лет назад наше Солнце зародилось в одной из таких туманностей.

Наша Галактика ни в коем случае не является единственной. С помощью современного оборудования можно обнаружить по меньшей мере миллиард других галактик, но все они находятся на огромном расстоянии от нас. Лишь немногие расположены в пределах миллиона световых лет от Солнца, а большинство еще дальше.

Самой известной Галактикой в северном небе является большая спираль в созвездии Андромеды, смутно видимая невооруженным глазом, но легко различимая в бинокль. Она находится в 2 200 000 световых годах от Солнца и больше нашей Галактики как по величине, так и по количеству звезд. В телескоп видно, что она имеет спиральную форму, и это не удивительно: существует множество спиральных галактик, включая и нашу.

Если бы мы могли посмотреть на нашу Галактику «сверху» или «снизу», ее спиральное строение сразу стало бы заметным. Солнце расположено близко к краю одного из ее спиральных рукавов.

Даже Галактика Андромеды является сравнительно близким соседом, а большинство галактик так отдалено от нас, что они кажутся едва заметными.

Сегодня мы знаем о существовании галактик, которые находятся на расстоянии более 10 000 000 000 световых лет от нас, поэтому мы видим их такими, какими они были в пору юности Вселенной.

Мы также знаем, что все галактики, кроме тех, которые находятся в нашей «локальной» группе, удаляются от нас — и чем даль-

ше они находятся, тем выше скорость убегания. Это не означает, что мы непопулярны во Вселенной или имеем привилегированное положение.

Вселенная в целом расширяется, и каждая группа галактик отдаляется от всех остальных.

Как велика Вселенная и как она зародилась? Это наиболее фундаментальные вопросы. Я вернусь к их обсуждению позднее в этой книге, но едва ли смогу дать удовлетворительный ответ.

Все, что мы можем сказать,— это то, что Вселенная в ее нынешнем виде не может быть старше 20 миллиардов лет, а возможно, значительно моложе. Мы можем установить пределы для размеров видимой Вселенной, но кто знает, что скрывается дальше?

Надеюсь, эта «небесная переключка» была полезной для вас; в конце книги также имеется Словарь, которым можно воспользоваться в любой момент. Но здесь следует сделать еще одно замечание. За последние сорок лет люди много раз спрашивали меня: «Что случилось со звездами? Раньше они были гораздо ярче, чем теперь; неужели они потускнели?» Разумеется, дело не в том, что звезды потускнели — просто наше небо стало гораздо ярче. Мощное искусственное освещение отбрасывает зарево на небосвод, и «световое загрязнение» превратилось в очень серьезную проблему, причем не только для астрономов.

К сожалению, люди, живущие в городах или плотно населенных районах, в лучшем случае могут увидеть лишь бледное подобие настоя-

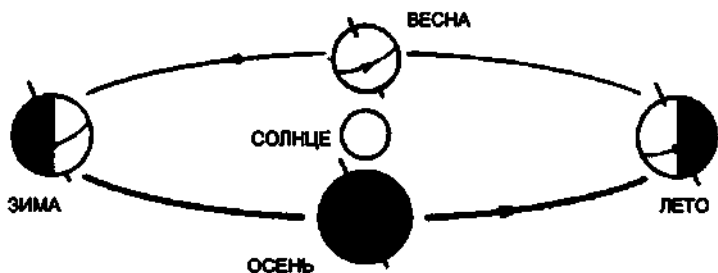
щего звездного неба и лишены красоты Млечного Пути.

Предпринимаются усилия для борьбы с этой проблемой. Неправда, что астрономы, как говорят некоторые люди, хотят «выключить свет»,— в современном мире, с устрашающим количеством правонарушений, хорошо освещенные улицы имеют жизненно важное значение. Необходимо сделать так, чтобы свет был направлен вниз, а не вверх, и в этой области уже достигнут определенный прогресс, но предстоит еще многое сделать.

ВРАЩЕНИЕ НЕБОСВОДА

Легко представить себе, что мы живем на неподвижной и плоской Земле, но это, разумеется, совсем не так. Земля совершает полный оборот вокруг своей оси за 24 часа и движется вокруг Солнца со средней скоростью 66 000 миль в час, а само Солнце движется вокруг центра Галактики со скоростью около 130 миль в секунду и увлекает нас за собой.

Земля движется вокруг Солнца не совсем по окружности; подобно орбитам всех остальных планет, ее орбита имеет слегка эллиптическую форму, и расстояние между Землей и Солнцем изменяется от 91 400 000 миль в декабре до 94 600 000 миль в июне. Времена года не имеют никакого отношения к этим изменениям. Ось вращения Земли наклонена по отношению к плоскости орбиты на $23,5^\circ$. В декабре Северный полюс наклонен в противоположном от Солнца направлении, и в Северном полушарии стоит зима; в июне уже Южный полюс наклонен в противоположном направлении от Солнца, и жители Северного полушария радуются лету.



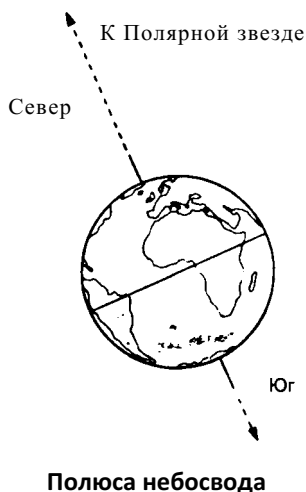
Смена времен года

Древние народы считали, что Земля окружена плотной и невидимой хрустальной сферой, центр которой совпадает с центром Земли. В некоторых отношениях по-прежнему очень удобно представлять эту звездную сферу, допуская, что она действительно вращается вокруг Земли вместе с Солнцем, Луной, звездами и планетами. Тогда мы можем фиксировать положение небесных тел на воображаемой сфере, во многом так же, как фиксируем положение на земной поверхности с помощью широты и долготы.

Первый шаг заключается в определении полюсов небосвода. Они лежат на одной линии с осью вращения Земли, как показано на рисунке. Северный небесный полюс почти в точности соответствует положению яркой Полярной звезды в созвездии Малой Медведицы. Другому полюсу повезло меньше, и южная полярная звезда, Сигма Октанта, трудно различима невооруженным глазом — факт, о котором не перестают сожалеть штурманы, плавающие в южных морях.

Легко понять, что если Земля вращается, Полярная звезда кажется неподвижной на небосводе, а все остальные звезды как будто вращаются вокруг нее. Дело не в том, что Полярная звезда имеет важное значение сама по себе; она обязана этим своему положению на одной линии с осью вращения Земли. Но это не всегда было так из-за явления, которое называется прецессией.

Земля — не идеальная сфера; ее диаметр по экватору составляет 7926 миль, а между полюсами лишь 7900 миль. Гравитация Солнца и Луны воздействует на эту экваториальную выпуклость, и в результате земная ось слегка покачивается на манер волчка, замедляющего свое вращение. Волчок раскачивается, или «прецессирует», в течение нескольких секунд; земная ось совершает полный оборот за 25 800 лет, и это



означает, что положение небесных полюсов медленно, но неуклонно меняется. Во времена строительства египетских пирамид северный полюс небосвода находился в районе значительно менее яркой звезды, Тубана в созвездии Дракона. Теперь он отмечен Полярной звездой, но не останется там, и через 12 000 лет звездой северного полюса будет Вега в созвездии Лиры, одна из ярчайших звезд на ночном небе.

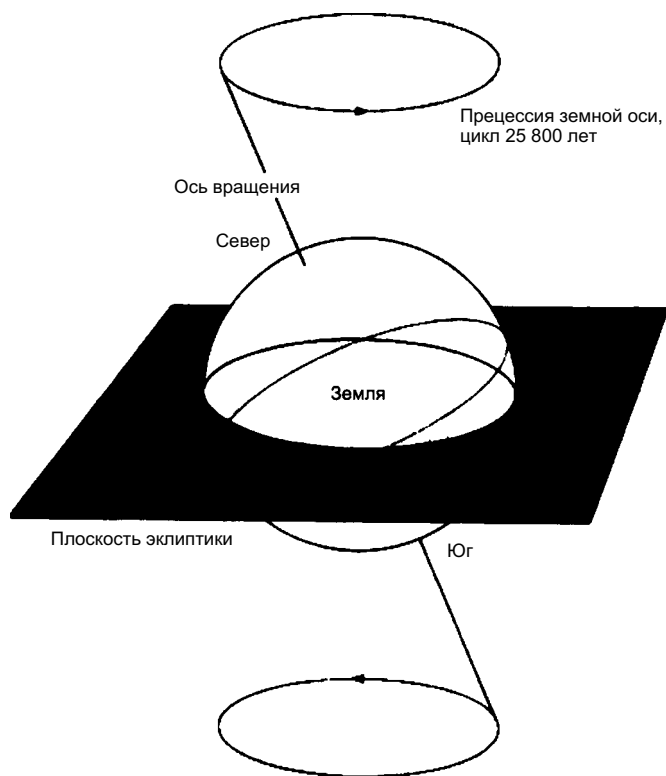


Схема прецессии

Высота небесного полюса над горизонтом зависит от широты наблюдения. К примеру, если угол на Полярную звезду составляет 60° , то вы знаете, что находитесь на шестидесятом градусе северной широты — это примерно широта Санкт-Петербурга. (Я несколько упрощаю объяснение, предполагая, что Полярная звезда находится точно на северном полюсе небосвода.) На экваторе Полярная звезда будет находиться на горизонте (0°), а в южных широтах ее вообще нельзя увидеть, и нам приходится иметь дело с невзрачной сигмой Октанта.

Если звезда расположена достаточно близко к небесному полюсу, она называется циркумполярной (незаходящей); это означает, что она все время остается на небосводе. Для примера рассмотрим созвездие Большой Медведицы. Оно находится на дальнем севере небосвода и никогда не заходит над Британией, а просто вращается вокруг полюса (см. рис.), в то время как звез-

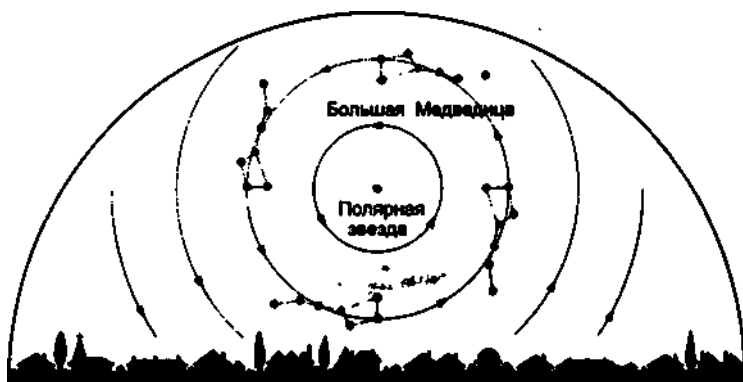


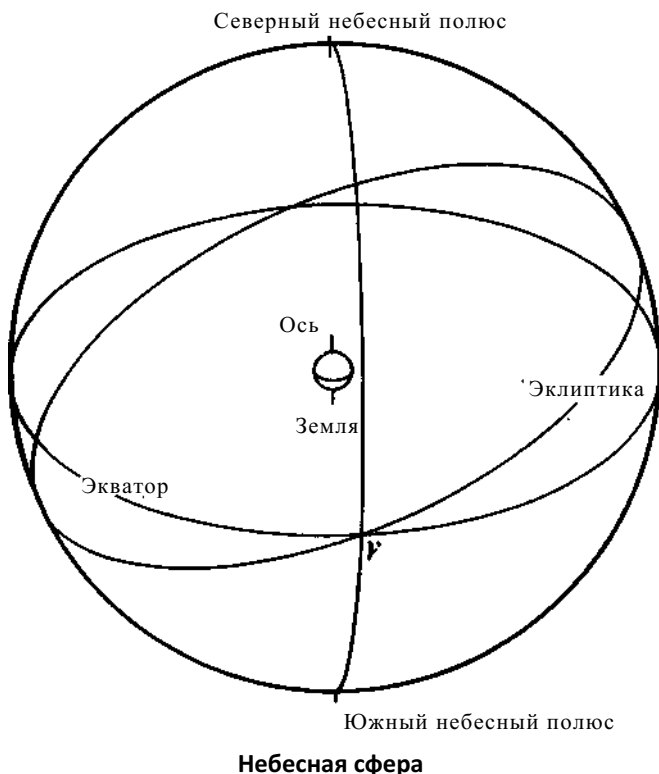
Схема движения циркумполярных созвездий

да Регул в созвездии Льва, расположенная дальше от небесного полюса, проводит часть своего 24-часового цикла ниже горизонта. Если вы попадете в более южные широты, то обнаружите, что созвездие Большой Медведицы больше не является циркумполярным, зато вы можете видеть звезды, которые находятся далеко на юге и никогда не восходят над Британией.

Земной экватор делит планету на две части, а небесный экватор делит небо пополам: это просто проекция земного экватора на небесную сферу. На Земле широта определяется как угловое расстояние наблюдателя к северу или к югу от экватора, измеряемое от центра земного шара. Так, Лондон расположен на пятьдесят первом градусе северной широты, Афины — на тридцать восьмом градусе северной широты, Дарвин в Австралии — на двенадцатом градусе южной широты, Кейптаун — на тридцать четвертом градусе южной широты, и так далее. Очевидно, что на северном и южном полюсах широта составляет девяносто градусов. Чтобы точно определить свое положение, вам нужно знать не только широту, но и долготу. Здесь измерение проводится от большого диаметра Земли, который проходит через оба полюса, а точкой отсчета служит Гринвичская обсерватория в пригороде Лондона. Этот метод измерения долготы был принят в 80-х годах XIX века, когда международное согласие достигалось гораздо легче, чем в наши дни.

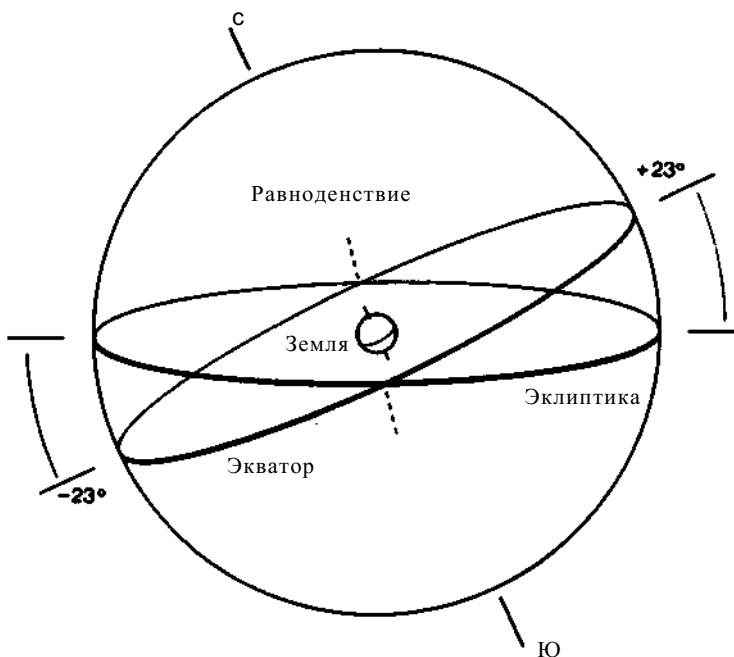
Теперь давайте вернемся к небесной сфере и определим эквиваленты широты и долготы. Склонение — это угловое расстояние звезды

(или другого небесного тела) к югу или северу от небесного экватора. К примеру, оно составляет 39° к северу, или $+39^\circ$ для Веги и 53° к югу, или -53° для Канопуса в созвездии Киля. (Я снова пользуюсь округленными цифрами; настоящее значение для Веги составляет $+38^\circ 47' 01''$.) Этот небесный эквивалент широты не представляет никаких проблем, но эквивалент долготы гораздо менее очевиден, чем может показаться на первый взгляд.



Годовой путь Солнца по небосводу называется эклиптикой; ее можно определить как проекцию земной орбиты на небесную сферу. Поскольку земная ось наклонена к плоскости эклиптики под углом $23,5^\circ$ (точнее $23^\circ 44'$), это также угол между эклиптикой и небесным экватором. Таким образом, склонение Солнца может изменяться в пределах от $23,5^\circ$ к северу до $23,5^\circ$ к югу. Эти точки наибольшего склонения известны как точки солнцестояния.

Фактические даты солнцестояний подвержены незначительным изменениям из-за особенностей



Эклиптика и небесный экватор

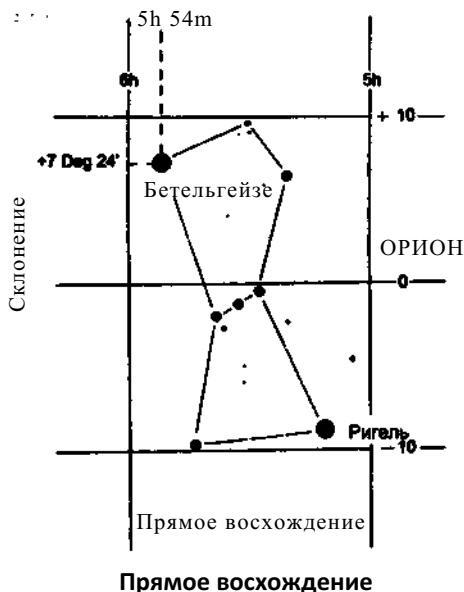
нашего календаря, но они сдвигаются не более, чем на один день: в 1994 году летнее солнцестояние пришлось на 21 июня, а зимнее солнцестояние на 22 декабря.

Во время своего ежегодного путешествия на фоне звезд Солнце дважды пересекает небесный экватор: первый раз при проходе с юга на север, около 20 марта, и второй раз при проходе с севера на юг, около 23 сентября. Эти две точки называются точками равноденствия. Они не отмечены какими-либо яркими звездами, а прецессия вызывает их медленное и неуклонное смещение, поскольку изменение положения небесного полюса влечет за собой новое положение небесного экватора.

Во времена Древнего Египта точка весеннего равноденствия находилась в созвездии Овна, и она до сих пор называется «первой точкой Овна», хотя прецессия уже давно переместила ее в соседнее созвездие Рыб. Именно ее мы берем как точку отсчета для небесного эквивалента долготы, который называется прямым восхождением*.

Прямое восхождение определяется как угловое расстояние между объектом и первой точкой Овна, но по ряду причин его предпочитают измерять не в градусах, а в единицах времени. Из-за вращения Земли небесное тело восходит на востоке и заходит на западе (кроме циркумпольных, которые все время остаются видимыми).

* В астрономии прямым восхождением принято называть угол между направлением из центра небесной сферы на точку весеннего равноденствия и плоскостью склонения небесного тела,— Прим. пер.



Когда оно достигает высочайшей точки над горизонтом, то говорят, что оно находится в точке кульминации*. Первая точка Овна кульминирует каждые 24 часа, хотя естественно, это часто происходит в дневное время. Прямое восхождение небесного тела измеряется как промежуток времени между кульминацией первой точки Овна и кульминацией объекта. Так, например, Альтаир, яркая звезда в созвездии Орла, кульминирует через 19 ч 51 мин после кульминации точки Овна; следовательно, прямое восхождение Альтаира равно 19 ч 51 мин. Поскольку звезды занимают практически неизменное положение на небесной сфере, их прямое восхож-

* Наивысшее положение по отношению к горизонту называется верхней кульминацией, а наинизшее положение — нижней кульминацией. — Прим. пер.

дение и склонение не меняется, если не считать очень слабого ежегодного сдвига из-за прецессии земной оси, но координаты Солнца, Луны и планет меняются постоянно.

Зная склонение звезды, нетрудно понять, можно ли увидеть ее из того места, где вы находитесь. Для этого вам необходимо узнать значение сопряженной широты, которое вычисляется простым вычитанием фактической широты из девяноста градусов. Мой дом в Селси, графство Суссекс, находится на пятьдесят первом градусе северной широты; следовательно, сопряженная широта $90 - 51 = 39$. Это означает, что любая звезда, расположенная к северу от склоне-



ния $+39^\circ$, никогда не заходит, а любая звезда к югу от склонения -39° никогда не восходит в небе над моим домом. Я всегда могу видеть Денеб в созвездии Лебеда (склонение $+45^\circ$), но никогда не вижу Канопуса (склонение -53°). Инверкаргилл в Новой Зеландии находится на 46° южной широты; там Канопус является циркумпольной звездой, а Денеб никогда не показывается на ночном небе.

Когда Солнце находится к северу от небесного экватора, оно занимает циркумпольное положение на Северном полюсе, и поэтому там наступает «день» продолжительностью в шесть месяцев. Когда Солнце перемещается к югу от экватора, белые ночи наступают в высоких южных широтах. В настоящее время разрабатываются планы постройки большой обсерватории прямо на Южном полюсе: с астрономической точки зрения это особенно благоприятное место. Там исследователи никого не потревожат — даже пингины избегают заходить в центральные области Антарктики, — хотя следует признать, что погодные условия там довольно суровые.

Понятие небесной сферы само по себе полезно, так как оно позволяет нам фиксировать положение объектов на небосводе, хотя, в отличие от наших предков, мы больше не верим, что Земля окружена прочной хрустальной сферой.

ЛЮДИ СМОТРЯТ В НЕБО

Один знаменитый американец однажды сказал: «История — это вздор». Он ошибался, и я не думаю, что можно вообще оценить какой-то предмет, не имея хотя бы элементарных знаний о его истории. История астрономии начинается во времена наших пещерных предков, и ее очерк в одной короткой главе представляет собой поистине титаническую задачу, но по крайней мере я могу немного рассказать о главных моментах.

Первоначально считалось, что Земля плоская и неподвижная. Это было достаточно естественно — в конце концов, Земля действительно выглядит плоской, если не считать особенностей рельефа, и мы не испытываем ощущения, будто движемся в пространстве с головокружительной скоростью. Считалось также, что Солнце, Луна и звезды были созданы как особое благодеяние для человечества. (С точки зрения древних египтян, небосвод представлял собой тело богини Нут, изогнутой над Землей в довольно неудоб-

ной позе.) Небо совершало оборот вокруг Земли за двадцать четыре часа, унося с собой все небесные тела.

Лишь с развитием письменности мы получили более или менее достоверные источники информации, но, судя по всему, люди различали рисунок созвездий уже три тысячи лет назад или даже раньше. Мы точно не знаем, какие народы впервые попытались создать карту звездного неба; это могут быть древние египтяне, китайцы или даже жители острова Крит. Определенно можно сказать, что существовало несколько разных систем.

Основной акцент, естественно, делался на наблюдении за звездным небом, и в этом отношении китайские записи являются наиболее информативными. Там встречаются хорошие описания необычных феноменов, таких, как затмения и появление комет, и приводятся точные даты — хотя китайцы, конечно, не имели представления о причинах этих событий. Мы знаем, что солнечные затмения происходят, когда сияющий диск Солнца временно перекрывается темным, невидимым диском Луны; китайцы предпочитали говорить, что Солнце подвергается нападению голодного дракона. Единственным средством против этого был сильный шум, способный напугать чудовище (этот метод всегда срабатывал). К сожалению, старая история о казни двух придворных астрономов, которые не смогли правильно предсказать затмение, не получила должной оценки среди современных ученых.

Первые китайские записи о солнечном затмении датируются 2136 годом до н. э. Кометы тоже изучались, но к их появлению относились с определенной тревогой, так как считалось, что они указывают на божественное недовольство. Остатки этих верований и поныне сохраняются в человеческом сознании.

Древние египтяне вели систематические наблюдения звездного неба, и можно не сомневаться, что расположение пирамид соответствует результатам этих наблюдений, но история настоящей астрономии началась в Древней Греции. Часто говорят о быстром расцвете «греческого чуда», однако на самом деле все происходило гораздо медленнее. Фалес Милетский, первый из великих философов, родился около 624 года до н. э., а Птолемей из Александрии, последний в этом славном ряду, умер около 180 года н. э. В целом период составляет более восьми веков, так что во времена Птолемея Фалес Милетский был такой же историей, как для нас крестовые походы. Однако древние греки в самом деле достигли поразительных успехов, и мы можем лишь восхищаться ими.

Предстояло сделать два решительных шага. Во-первых, доказать, что Земля не плоская, а во-вторых, продемонстрировать, что она вращается вокруг Солнца и является не центром мироздания, а обычной планетой. Первый шаг был сделан на раннем этапе греческой истории, и уже Аристотель около 350 года до н. э. хорошо знал, что Земля имеет шарообразную форму. Он даже располагал доказательством этого, выведенным из наблюдений. Яркую южную звез-

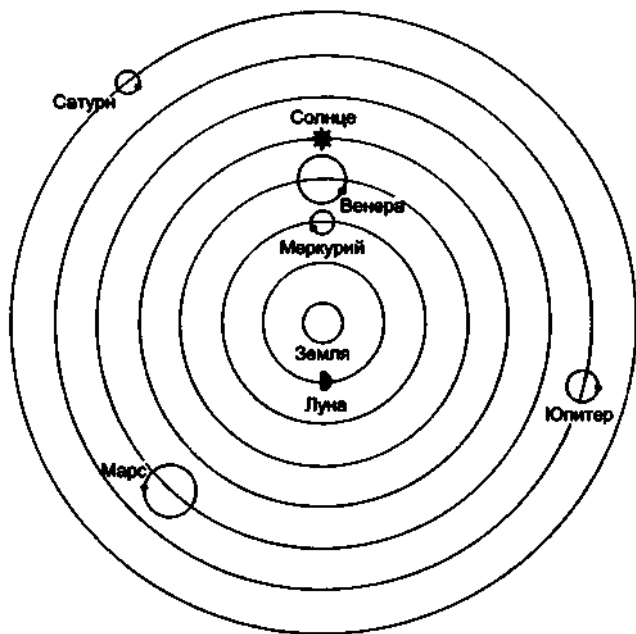
ду Канопус можно видеть в небе над Александрией, но не видно над Афинами, расположенными значительно севернее; это просто объяснить, если мир имеет сферическую, а не плоскую форму. Кроме того, Аристотель знал, что затмения Луны вызваны тенью Земли, падающей на лунную поверхность, а поскольку эта тень изогнута, то значит, поверхность Земли тоже должна быть изогнутой. Примерно в 240 году до н. э. другой греческий философ, Эратосфен из Кирены, с замечательной точностью вычислил размеры Земли.

Древние греки были опытными наблюдателями звездного неба. Гиппарх из Никеи около 140 года до н. э. (все даты для этого периода по очевидным причинам являются приблизительными) составил хороший звездный каталог. Точность его измерений доказывается тем фактом, что он открыл феномен прецессии. Между 140 и 180 годами н. э. Птолемей из Александрии расширил и усовершенствовал каталог Гиппарха, а также составил первую карту мира, основанную скорее на астрономических наблюдениях, чем на догадках. Она была достаточно точной, хотя, естественно, охватывала лишь Средиземное море и прилегающие области (например, там есть Британия, но Шотландия соединена с Англией под странным углом). Птолемей также написал великий труд, который дошел до нашего времени в арабском переводе и обычно называется «Альмагест». Это настоящий свод древней науки, представляющий огромную ценность для историков.

Однако древние греки не смогли лишить Землю ее «трона» — гордого центрального положения в системе мироздания. Некоторые философы, особенно Аристарх Самосский, около 280 года до н. э. высказывали это смелое предположение, но поскольку они не могли привести никаких доказательств, то у них было мало последователей, и более поздние философы вернулись к идее центрального положения Земли. Эта схема называлась системой Птолемея, хотя сам Птолемей не изобрел ее, а лишь довел до высочайшего совершенства.

Согласно Птолемею, Земля находится в центре Вселенной, а Луна, Солнце и планеты движутся вокруг нее. Звезды находятся во внешней хрустальной сфере, а другие сферы содержат Солнце и иные планеты Солнечной системы. Все орбиты круговые, так как окружность представляет собой «идеальную» форму, а на небосводе допускается лишь абсолютное совершенство. Трудность заключалась в том, что движение планет не является регулярным и поэтому его нельзя объяснить в терминах равномерного кругового движения. Птолемей, который был превосходным математиком, хорошо знал об этом и был вынужден разработать громоздкую систему, где каждая планета двигалась вокруг Земли по малому кругу, или эпициклу, центр которого сам двигался «вокруг Земли по круговой орбите. В конце концов система стала безнадежно запутанной и умозрительной, но она соответствовала результатам наблюдений и поэтому в течение многих веков не подвергалась серьезному сомнению.

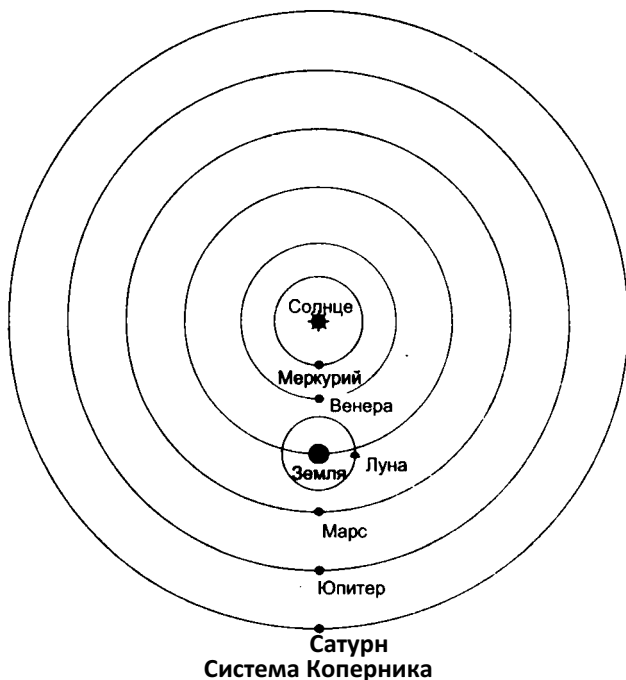
После смерти Птолемея в Европе наступили темные века, период упадка и застоя, хотя и тогда делались важные открытия. Около 570 года н. э. Исидор, епископ Севильи, первым провел четкое различие между астрономией и астрологией. Возрождение астрономии наступило благодаря арабам в конце IX века: они составили подробные звездные каталоги, а также измерили движение Солнца, Луны и планет точнее, чем это удалось Птолемею, хотя следует признать, что их основной целью была астрология. В 1433 году Улугбек, один из наиболее влиятельных азиатских правителей того времени,



Система Птолемея

устроил большую обсерваторию в своей столице Самарканде, где были составлены новые, улучшенные таблицы движения планет. Но после убийства Улугбека арабская научная школа пришла в упадок, и последующее развитие астрономии происходило в основном в Европе.

Следующий важный шаг был сделан в XVI веке польским ученым и священнослужителем Николаем Коперником. Он провел тщательное исследование движения планет и осознал, что теория Птолемея является искусственной и совершенно устаревшей; большую часть несоответствий можно устранить, если просто вывес-



ти Землю из центра системы и поставить Солнце на ее место. Коперник хорошо понимал, что церковь обвинит его в ереси, и медлил с публикацией открытия до самого конца своей жизни в 1543 году.

Это была разумная предосторожность, так как святые отцы не стали тратить времени и обрушились на него с яростными нападками. Мартин Лютер называл Коперника глупцом, который хочет перевернуть небо вверх ногами. Начались гонения; в 1600 году один из последователей Коперника, Джордано Бруно, был сожжен на костре в Риме — отчасти из-за открыто выраженного убеждения, что Земля вращается вокруг Солнца.

Разработка гелиоцентрической теории была единственным важным достижением Коперника, а другие его выводы большей частью оказались ошибочными. Он придерживался концепции идеальных круговых орбит, поэтому был даже вынужден вернуться к птолемеевским эпикам. Однако он сделал важнейший шаг, и его книга "De Revolutionibus Orbium Coelestium" («О вращении небесных кругов») отметила начало величайшей революции в астрономической мысли.

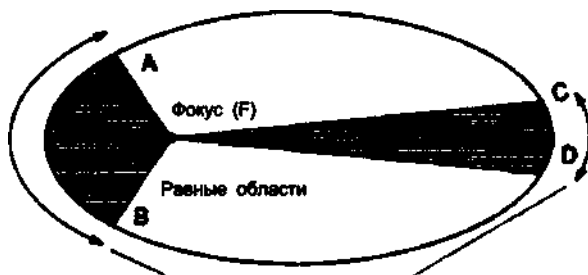
Как ни странно, следующий персонаж нашей истории, датский дворянин Тихо Браге, не был приверженцем идей Коперника. Он не верил, что Землю можно низвести до статуса обычной планеты, и разработал странную гибридную систему собственного изобретения, которая никого не устраивала. Однако он был превосходным и аккуратным наблюдателем.

В период между 1576 и 1596 годами Браге работал в своей обсерватории на острове Гвен в Балтийском море, составляя звездный атлас, который был неизмеримо лучше любого из предыдущих. Кроме того, он провел тщательные замеры движения планет, особенно Марса. Когда Тихо Браге умер, в 1601 году, его работа попала в руки его последнего ассистента, молодого немецкого математика Иоганна Кеплера. Так наступил новый этап в развитии астрономии.

Тихо Браге и Кеплер сильно отличались друг от друга. Если первый был надменным и даже безжалостным человеком с восхитительным чувством собственной важности (в студенчестве он потерял кончик носа на дуэли и сделал себе новый из золота, серебра и воска), то второй был хрупким и нервным. Некоторые теории Кеплера принадлежат скорее средневековью, чем более современной эпохе, но он твердо верил в правильность наблюдений Тихо Браге и после многих лет работы нашел ответ на главный вопрос. Планеты действительно вращаются вокруг Солнца, но их орбиты являются скорее неправильными, чем круговыми. Наконец Кеплер смог вывести три закона планетарного движения, послужившие основой для всех последующих работ. Первые два закона были опубликованы в 1609 году, а третий — в 1618-м.

Первый закон Кеплера гласит, что планета движется по эллиптической орбите; Солнце занимает один фокус этого эллипса, а другой остается пустым. Второй закон гласит, что радиальный вектор (то есть воображаемая линия,

соединяющая центр планеты с центром Солнца) охватывает равные области за равные промежутки времени; иными словами, планета движется быстрее всего, когда она находится ближе всего к Солнцу. Этот отрезок орбиты называется перигелием. Когда планета находится на максимальном расстоянии от Солнца (афелий), она движется медленнее его. Третий закон создает связующее звено между орбитальным периодом планеты и ее расстоянием от Солнца, что делает возможным составление полномасштабной модели Солнечной системы.



Закон Кеплера

Время, необходимое для движения от АВ до АС, равно времени, необходимому для движения от АД до АС. Область ABF равна области FCD

Здесь стоит отметить, что орбиты большинства планет не слишком отличаются от окружностей; если нарисовать орбиту Земли в масштабе, который вписывается в эту страницу, вы почти не заметите разницу. Марс, на изучении которого сосредоточился Кеплер, имеет более эксцентричную орбиту, где разница между

афелием и перигелием превышает 20 миллионов миль. Работа Кеплера представляет собой великолепный пример математического исследования. Между тем в Европе был изобретен телескоп.

Принято считать, что первые телескопы были сделаны в Голландии в 1608 году. Действительно, это первые телескопы, существование которых подтверждено доказательствами, но в ходе исследований британского историка К. А. Ронана было установлено, что любопытную разновидность телескопа изобрел англичанин Леонард Диггс где-то между 1550 и 1560 годами — таким образом, он более чем на полвека опередил голландцев.

В телескопе Диггса, по всей видимости, использовали как зеркала, так и линзы. Мы не знаем, был ли он вообще когда-либо направлен в небо, и не имеем представления, как он выглядел, поэтому — во всяком случае, с точки зрения научной астрономии — первые телескопы появились примерно в то время, когда были опубликованы законы Кеплера.

Томас Хэрриот, бывший наставник сэра Уолтера Рэли, составил телескопическую карту Луны в 1609 году, но первым систематическим наблюдателем был Галилео Галилей, великий итальянский ученый, который также был основателем экспериментальной механики.

Галилей услышал о голландском изобретении, скопировал и усовершенствовал его, а затем сделал серию впечатляющих открытий, подтвердив правоту взглядов Коперника на движение Земли вокруг Солнца. Галилей увидел

горы и кратеры на Луне, бесчисленные звезды Млечного Пути, четыре ярких спутника Юпитера. Он доказал, что Земля не является единственным центром движения во Вселенной, и подробно исследовал фазы Венеры. Поскольку Венера находится ближе к Солнцу, чем мы, ее фазы сходны с фазами Луны. Важность этого открытия заключалась в том, что оно опровергло теорию Птолемея, согласно которой Венера не может совершить полный цикл фаз, от «новолуния» до «полнолуния».

В отличие от Кеплера, Галилей не был осторожен. Он не только опубликовал свои научные взгляды, но сделал это в достаточно бестактной манере, чем оскорбил Святой Престол. Его обвинили в ереси и подвергли суду инквизиции, вынудив к неискреннему и совершенно бессмысленному отречению. Его главная работа «Диалоги» оставалась в папском списке запрещенных книг до 1836 года, и только в 1993 году Ватикан наконец признал, что Галилей с самого начала был прав.

Теория Птолемея была окончательно развенчана в 1687 году после публикации бессмертных «Принципов» Исаака Ньютона, где он сформулировал законы тяготения и распахнул дверь, ведущую в современную научную эпоху. Этот трактат считается плодом величайших мысленных усилий, когда-либо совершенных одним человеком, но на счету Ньютона числится еще много достижений. Он использовал стеклянную призму для расщепления солнечного спектра и доказал, что свет является сочетанием всех цветов радуги, заложив основы спектроскопии, а в

1671 году он представил на суд Королевского общества телескоп совершенно нового типа.

Телескоп Галилея был рефрактором, собирающим свет через стеклянные линзы. Одна из проблем заключалась в том, что линзы давали ложную окраску, и любой объект (например, звезда) оказывался окруженным яркими кольцами, которые выглядели очень красиво, но лишь мешали наблюдениям. Сначала с этим пытались бороться, сооружая телескопы большой длины, что делало их неудобными для использования; в крайних случаях главную линзу приходилось закреплять на вершине мачты. Ньютон решил избавиться от стеклянных линз и собирать свет с помощью вогнутого зеркала, которое равномерно отражает все цвета спектра. Первый «рефлектор» Ньютона имел диаметр 1 дюйм; в наши дни крупнейшие телескопы имеют зеркало диаметром почти 400 дюймов! Мы прошли путь за триста с лишним лет.

Примерно в это время появились первые обсерватории с телескопическим оборудованием. Что касается Британии, то она испытывала потребность в телескопах главным образом для навигации — некоторые суда терпели крушение из-за того, что капитаны просто не знали, где они находятся, после нескольких недель или месяцев плавания в открытом море. Определение географической широты, было достаточно простым делом: нужно было лишь измерить высоту Полярной звезды, а затем ввести небольшую поправку на тот факт, что она не находится точно в северном полюсе небосвода. Главная проблема заключалась в точном определении

долготы. Когда точное «корабельное время» было известно и сравнивалось со временем Гринвича, можно было вычислить долготу, но в то время не существовало достаточно точных часов, которые могли бы надежно работать в условиях качки. Альтернативой было использование меняющегося положения Луны в качестве естественных часов и измерение ее движения на фоне звезд. Для этого требовался очень точный звездный атлас, и даже атласа Тихо Браге не хватало, так как он был составлен на основе наблюдений, сделанных невооруженным глазом. (Весьма печально, что Тихо Браге умер перед самым изобретением телескопа: он мог бы с большим успехом воспользоваться этим инструментом.) Поэтому во многом оклеветанный историками король Карл II приказал построить новую обсерваторию, снабженную телескопом, чтобы главный астроном мог приступить к работе по составлению атласа, достаточно полного, чтобы удовлетворить потребности мореплавателей. В качестве места для обсерватории был выбран Гринвичский парк в Большом Лондоне, а преподобный Джон Флэмстид был назначен королевским астрономом. В конце концов он составил требуемый каталог, хотя для этого ему понадобилось долгое время, но тогда уже сам метод «лунных расстояний» устарел из-за изобретения точных морских хронометров.

Преемником Флэмстида был Эдмонд Галлей, ныне широко известный из-за ассоциации с кометой, которая носит его имя. С тех пор королевская Гринвичская обсерватория оставалась

на переднем фронте исследований, хотя она больше не находится в Лондоне. Ее первое здание — кстати говоря, построенное по проекту сэра Кристофера Рена — теперь превращено в музей.

Перейдем к Вильяму Гершелю, ганноверскому музыканту, который приехал в Англию еще молодым человеком и провел здесь остаток жизни. Какое-то время он работал организмом на модном курорте в Бате, но его основные интересы лежали в сфере астрономии, и он конструировал зеркальные телескопы собственного изобретения. С помощью одного из таких телескопов он в 1781 году открыл новую планету, ныне известную как Уран. Открытие прославило Гершеля. Денежное пособие, полученное от короля Георга III, позволило ему отказаться от профессионального музицирования, и он посвятил себя «обозрению небес», задавшись целью выяснить, каким образом звезды упорядочены в Космосе. К тому времени было уже известно, что звезды являются солнцами и что они очень далеки от нас; Гершель не смог измерить эти расстояния, но в своих трудах он сделал множество важных открытий, поэтому его часто называют величайшим астрономом-наблюдателем всех времен. Он пришел к выводу, что Галактика должна иметь уплощенную форму. В этом, разумеется, он был прав, хотя ошибочно поместил Солнце рядом с центром системы. Самым большим из построенных Гершелем телескопов был рефлектор с 49-дюймовым зеркалом и фокусным расстоянием 40 футов, хотя большая часть его работ была вы-

полнена с помощью более компактных и удобных инструментов. В то время работали и другие астрономы-наблюдатели — к примеру, Шарль Мессье, составивший знаменитый каталог звездных скоплений и туманностей, а Иоганн Иероним Шредер, сосредоточившийся на наблюдении Луны и планет.

К концу XVIII века почти все астрономы вели свои наблюдения в Северном полушарии Земли, поэтому звезды Южного полушария оставались без внимания. В 1830-е годы сэр Джон Гершель, сын Вильяма Гершеля, отвез телескоп на мыс Доброй Надежды и выполнил первый подробный обзор южного неба, добавив к славе своего отца поразительные открытия таких объектов, как двойные звезды, новые туманности и скопления. В то время фотография начала играть значительную роль в научных исследованиях. С течением времени фотокамеры начали вытеснять обычные наблюдения в большинстве областей астрономии. Этот процесс практически завершился еще до конца XIX века.

Одно знаменательное открытие произошло в Ирландии. В замке Бирр, расположенном в центре острова, третий граф Росс построил громадный телескоп с 72-дюймовым зеркалом — пожалуй, самый большой, существовавший в то время. Прибор был громоздким, но работал исправно, и лорд Росс воспользовался им с большим успехом. Он обнаружил, что некоторые туманности, наблюдаемые Гершелем, Мессье и другими, выглядят так, как будто состоят из светящегося газа, но другие туманности были звездными, и многие из них имели спираль-

ную форму. Так может быть, эти «спиральные туманности» являются внешними Галактиками, а не принадлежат к числу второстепенных особенностей Млечного Пути? Трудно было сказать, где истина. В 1838 году немецкий астроном Фридрих Биссел произвел первый замер расстояния до звезды и доказал, что 61 Лебеда, тусклая звездочка в созвездии Лебеда, находится на расстоянии примерно 11 световых лет от нас, что соответствует 600 миллиардам миль. «Спиральные туманности» явно находились гораздо дальше, и проблема их статуса оставалась нерешенной до 1923 года, но по крайней мере Росс, Гершель и другие высказали свои предположения.

В 1666 году Ньютон разделил солнечный свет на отдельные цвета. Спустя полтора века немецкий оптик Иосиф Фраунгофер произвел первое детальное исследование природы солнечного света, но полного объяснения пришлось ждать до 1858 года, когда два его соотечественника, Кирхгоф и Бунзен, доказали, что при использовании спектроскопа можно обнаружить, «из чего сделаны звезды». В наши дни спектроскопы считаются главным исследовательским орудием астрономов, и без них наше знание Вселенной, конечно, было бы неполным.

Математическая астрономия тоже сделала огромный шаг вперед. В 1846 году существование новой планеты Нептун было вычислено по ее гравитационному воздействию на соседний Уран, что послужило окончательным подтверждением теории Ньютона.

Телескоп Росса с 72-дюймовым рефлектором вскоре потерял пальму первенства. Были построены очень мощные рефракторы; самый большой из них, в обсерватории Йеркса в США, снабжен 40-дюймовой линзой. Он был сооружен в 1897 году и вряд ли когда-либо будет превзойден, так как существует предел для размеров телескопического объектива. Слишком большая и тяжелая линза деформируется под собственным весом, что неизбежно повлияет на результаты наблюдений — ведь линза должна иметь опору по всей длине окружности. Рефлекторы вновь одержали верх, но зеркала теперь делались из стекла, а не из металла, как в телескопе Росса. Тонкий слой свинца использовался Джорджем Эмери Хейлом:

этот американец не только конструировал большие телескопы, но и убеждал знакомых миллионеров финансировать их строительство. Хейл установил 60-дюймовый рефлектор на горе Уилсон в Калифорнии, а в 1917 году за ним последовал 100-дюймовый телескоп, остававшийся непревзойденным в своем классе более тридцати лет. Именно на этом телескопе Эдвин Хаббл провел наблюдения, доказавшие, что «спиральные туманности» на самом деле являются отдельными Галактиками, очень далекими от нашей. Кроме того, Хаббл впервые продемонстрировал, что галактики удаляются от нас, а Вселенная в целом постоянно расширяется.

Гора Уилсон — довольно пологая вершина. Хейл знал, что атмосфера является главным противником астрономов; она загрязнена отходами, а погода отличается непостоянством. Более

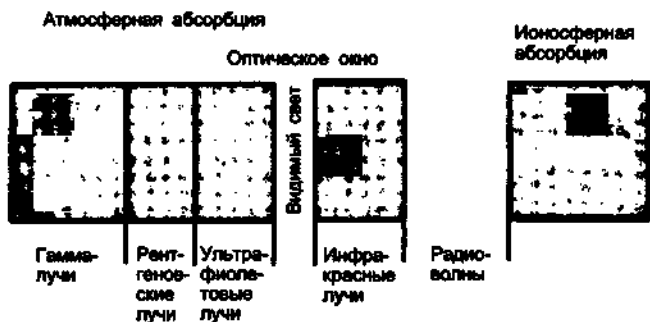
того, атмосфера блокирует значительную часть важных космических излучений. Было решено «подняться выше», и поэтому большинство современных обсерваторий расположено на большой высоте — 14 000 футов, если говорить об обсерватории, расположенной на вершине Мауна-Кеа на Гавайях. Существует также тенденция строить обсерватории в Южном полушарии, потому что атмосферные условия здесь в целом лучше, чем на севере, а многие интересные небесные объекты расположены далеко на юге и никогда не восходят над Европой или континентальной частью Соединенных Штатов.

Главные телескопы наших дней мало напоминают инструменты из прошлого, даже если речь идет о сравнительно недавнем прошлом. 100-дюймовый телескоп на горе Уилсон уже не является самым большим в мире: пальма первенства перешла к телескопу Кека на Мауна-Кеа, с сегментированным зеркалом, диаметр которого составляет не менее 387 дюймов. Еще более крупные инструменты находятся на различных этапах разработки. Они позволят нам заглянуть в дальние уголки Вселенной.

До XX века астрономы ограничивались исследованием лучей видимого света, но в 1931 году родилась радиоастрономия. Свет является волновой функцией, и его цвет зависит от длины волны — то есть от расстояния между соседними максимумами. Красный цвет имеет наибольшую длину волны, а фиолетовый наименьшую, хотя даже для красного цвета длина волны составляет крошечную величину по обычным стандартам: примерно 7500 ангстремов

(один ангстрем равен $1/100\,000\,000$ сантиметра; название дано в честь шведского физика XIX века Андерса Ангстрема).

Видимый свет составляет лишь малую часть всего спектра электромагнитных частот. На длинноволновом конце спектра вслед за красным цветом идут инфракрасные волны, микроволны, а затем радиоволны. На коротковолновом конце спектра расположены ультрафиолетовые излучения, рентгеновские лучи и очень короткие гамма-лучи. Немногие из этих невидимых излучений могут достичь поверхности Земли, так как они задерживаются верхними слоями земной атмосферы, но в радиоволновой части спектра существует удобное «окно».



Электромагнитный спектр

В 1931 году Карл Дженски, американский радиоинженер чешского происхождения, выполнял исследования по атмосферной статике, пользуясь импровизированным воздушным зондом, и

обнаружил космическое радиоизлучение. Как ни странно, он не сделал логических выводов из этого открытия, но после окончания Второй мировой войны радиоастрономия стала жизненно важной частью астрономии.

Сэр Бернард Лоуэлл соорудил огромную 250-футовую «тарелку» радиотелескопа в Джод-релл-Бэнк, в графстве Чешир, которая начала действовать в 1957 году, и теперь во всем мире существует множество радиотелескопов. Разумеется, радиотелескоп не может дать такую же картину звездного неба, как оптический телескоп, и через него нельзя «смотреть» в обычном смысле слова. Он больше похож на большую антенну, но с его помощью мы получаем информацию, которая в ином случае была бы недоступной для нас.

Космическая эпоха началась 4 октября 1957 года, и свидетелями ее начала были люди, жившие на разных континентах. Русские запустили первый искусственный спутник размером с футбольный мяч, который нес на себе мало оборудования, помимо радиопередатчика, но возвестил о начале новой эры.

Вскоре стало возможно выводить сложное оборудование за пределы земной атмосферы и изучать излучения, никогда не достигающие поверхности Земли. К примеру, астрономия рентгеновских лучей началась в 1962 году, когда выведенный на околоземную орбиту детектор определил первые космические источники рентгеновского излучения.

В 1959 году были отправлены первые зонды к Луне; два года спустя эпическое путеше-

ствие Юрия Гагарина положило начало пилотируемым полетам в Космос, а вскоре космические путешествия стали обычным делом. Их кульминацией стала посадка на Луну, осуществленная Нилом Армстронгом и Эдвином Олдрином в июле 1969 года. Тем временем автоматические зонды разлетались к планетам Солнечной системы, и сейчас все основные планеты (за исключением Плутона) уже изучены с близкого расстояния. Осуществлены даже посадки управляемых аппаратов на Марс и Венеру. Наверное, будет справедливо сказать, что за последние сорок лет мы узнали о планетах больше, чем за предыдущие четыре тысячи.

Развитие оптических телескопов достигло огромного совершенства; к рефлектору на вершине Мауна-Кеа присоединился его близнец, и, работая в паре, они (во всяком случае, теоретически) могут различить свет автомобильных фар с расстояния 16 000 миль.

Но все наземные телескопы имеют один общий недостаток, связанный с наблюдением через земную атмосферу, поэтому началось строительство космического телескопа. Он был запущен в 1990 году и переведен на орбиту вокруг Земли на высоте 350 миль над поверхностью. Диаметр его зеркала составляет 94 дюйма, а условия наблюдения всегда идеальные, поэтому он превосходит любой телескоп, действующий на поверхности нашей планеты. Вполне понятно, что он был назван в честь Эдвина Хаббла.

Сто лет назад фотография стала вытеснять визуальные астрономические наблюдения, но

сейчас уже сама фотография вытесняется электронным оборудованием. Приборы с зарядовой связью (CCD) гораздо более чувствительны, чем фотографические пластинки, и в основном пришли им на смену. Это означает, что телескопы, построенные много лет назад, ныне обладают значительно большей мощностью, чем первоначально предполагалось. Астроному больше не приходится сидеть долгие часы в темном, холодном куполе и проверять фотографическую экспозицию. Теперь он сидит в уютной контрольной комнате, наблюдая за телевизионным экраном. Ему даже не нужно быть в обсерватории или находиться в той же стране. Сейчас астроном, который находится, скажем, в Эдинбурге, вполне может управлять телескопом на Гавайях.

Я понимаю, что этот очерк о событиях разных эпох был очень сухим и поверхностным, но надеюсь, он поможет представить общую ситуацию. Современная астрономия является динамичной наукой; каждый год вносит свою лепту радости и новых открытий. Мы уже узнали очень много, хотя не можем претендовать на большее, чем смутное понимание великой Вселенной, в которой мы живем.

ТЕЛЕСКОП АСТРОНОМА

Если вы всерьез заинтересовались астрономией, то рано или поздно вам придется обзавестись телескопом. Здесь часто начинаются проблемы, так как телескоп может быть либо хорошим, либо дешевым.

Будет неразумно потратить деньги на телескоп-рефрактор с главной линзой диаметром менее трех дюймов или на ньютоновский рефлектор с зеркалом меньше шести дюймов. Эти телескопы слишком малы для нормальных наблюдений, и будет гораздо лучше вложить деньги в хороший бинокль, который обладает большинством преимуществ маленького телескопа, если не считать кратности увеличения, а стоит значительно меньше.

Бинокль также годится для повседневного пользования — например, для наблюдения за птицами — в отличие от астрономического телескопа, который имеет сильно ограниченное поле зрения и дает перевернутую картинку.

Бинокли подразделяются согласно их увеличению и диаметру главной линзы, всегда измеря-

емому в миллиметрах. Так, бинокль 7 x 50 дает семикратное увеличение, а каждая линза имеет 50 миллиметров в диаметре. Это очень удобно, так как более сильное увеличение (по крайней мере выше 12) делает бинокли такими неудобными, что их трудно держать в руках, когда вы изучаете звездное небо. (Пользуясь биноклем, всегда следует помнить о том, что нельзя смотреть в сторону Солнца. Я подробнее расскажу об этом позже, но не буду извиняться за напоминание, так как это очень важно.)

Принцип рефрактора показан на рисунке. Свет от изучаемого объекта проходит через объектив (главную линзу), а затем лучи собираются в фокус, где изображение увеличивается второй линзой, которая называется окуляром.

Заметьте, что объектив лишь собирает свет, в то время как фактическое увеличение достигается с помощью окуляра. Поэтому если вы увидите рекламу телескопа, где говорится, что он увеличивает во столько-то раз, но не упоминается размер объектива, можете смело искать в другом месте. Расстояние между объективом и фокальной точкой называется фокусным расстоянием.



Принцип рефрактора

Как правило, начинающему астроному нужно иметь три окуляра: один с малым увеличением для общих видов, второй со средним увеличением для более подробной работы, а третий с большим увеличением для наблюдения Луны и планет при хороших погодных и астрономических условиях.

Наиболее распространенной разновидностью зеркального телескопа является ньютоновский рефлектор (нетрудно догадаться, кто первый изобрел эту систему). Свет проходит по открытому цилиндру, который может иметь каркасное строение, и падает на вогнутое зеркало в дальнем конце. Этот параболический отражатель посылает свет обратно по цилиндру, направляя его на плоское зеркало меньшего размера, наклоненное под углом 45° . Оно, в свою очередь, посылает лучи света в боковую стенку цилиндра, где они сводятся в фокус, а изображение увеличивается окуляром, как и в предыдущем случае. Таким образом, наблюдатель, пользующийся ньютоновским телескопом, смотрит в боковую часть цилиндра, а не вверх, поэтому почти всегда бывает необходимо иметь телескоп-видоискатель, прикрепленный к главному цилиндру.



Ньютоновский рефлектор

Каждая разновидность имеет свои преимущества и, к сожалению, свои недостатки. Если говорить в целом, рефракторный телескоп более эффективен. Кроме того, он более надежен, и если с ним хорошо обращаться, то капитальный ремонт не понадобится в течение многих лет. Рефлекторы гораздо более уязвимы, не говоря уже о том, что их зеркала необходимо периодически покрывать новым слоем алюминия или серебра. С другой стороны, ньютоновский рефлектор гораздо дешевле, чем телескоп-рефрактор равной мощности, и он не дает раздражающих ложных цветов, сбивавших с толку ранних наблюдателей (хотя следует добавить, что в современных объективах эта проблема сведена к минимуму).



Рефлектор Кассегрена

Существует много других оптических систем — к примеру, кассегреневская*, где вторичное зеркало является выпуклым, а не плоским, и свет посылается в окуляр через отверстие в главном зеркале. Есть складные телескопы, где используются как линзы, так и зеркала. Они

* Названа в честь Кассегрена, французского ученого XVII века,— *Прим. пер.*

очень удобны, так как их легко перемещать с места на место, но главным недостатком является их цена.

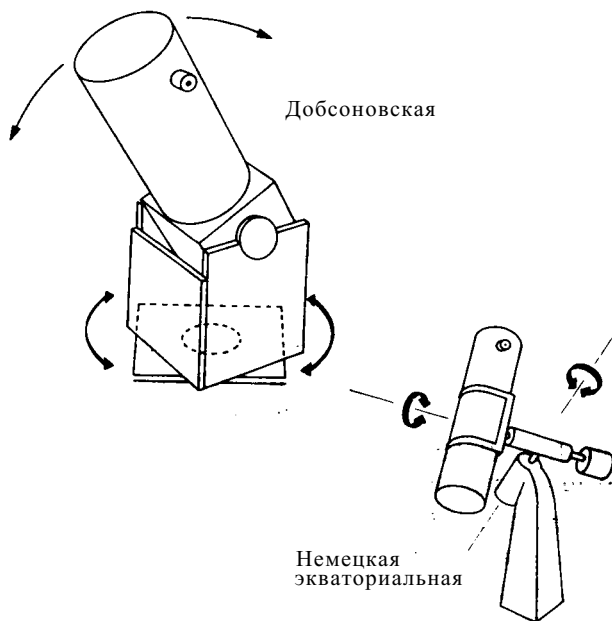
Существует два главных типа опор для телескопов. Высотно-азимутальная опора подразумевает, что телескоп можно двигать в любом направлении по высоте (вверх и вниз), или по азимуту (на восток и на запад). Проблема здесь заключается в том, что нужно учитывать два вида движения, и бывает трудно удерживать объект в поле зрения при высоком увеличении. Просто поразительно, как быстро небесное тело может скрываться из виду при малейшем движении! Кроме того, телескоп с высотно-азимутальной установкой можно использовать для фотографирования лишь крайне ограниченным образом. Это относится и к все более популярной «добсоновской» опоре — элементарной, но по-своему эффективной.

Телескоп с экваториальной опорой устанавливается на оси, указывающей на небесный полюс, поэтому при работе с ним нужно учитывать лишь один вид движения, с востока на запад. Движение вверх или вниз происходит автоматически, и дополнение в виде механического привода обеспечивает постоянное местонахождение объекта в поле зрения.

До недавнего времени все главные телескопы имели экваториальную опору, но благодаря применению компьютеров стало возможным направлять высотно-азимутальные установки с такой же точностью.

Во многих отношениях высотно-азимутальная установка является гораздо более точной. Возь-

мом, к примеру, 138-дюймовый НТТ, или «новый технологический телескоп», в Ла-Силле (пустыня Атакама), на чилийской станции Европейской Южной обсерватории. Здесь телескоп может перемещаться только по вертикали, но сама обсерватория вращается вместе с ним, поэтому прорезь всегда находится перед объективом инструмента, а обсерватория ничуть не напоминает изящные купола былых лет. Более того, форма зеркала регулируется «подкладками», которыми управляет компьютер. Такая активная оптика ныне приобретает все большее распространение; ее сопровождают системы



Опоры для телескопов

«адаптивной оптики», где используется второе маленькое зеркало для поправки на искажения, создаваемые земной атмосферой.

Очевидно, что существуют ограничения для размеров зеркала. Русские построили инструмент с рефлектором 237 дюймов еще в 1975 году, и он остается крупнейшим в мире действующим телескопом с цельным зеркалом, хотя этот рекорд определенно будет превзойден до конца XX века. Предыдущим его обладателем был 200-дюймовый рефлектор Хейла в Паломарской обсерватории, штат Калифорния, установленный еще в 1948 году. Хотя этот телескоп всегда давал превосходные результаты (и по-прежнему находится на переднем фронте исследований, особенно потому, что теперь он снабжен электронными устройствами), русскому гиганту повезло меньше. Его оптика была менее совершенной, а расположение на горе Пастухова в бывшем СССР не может сравниться с условиями в других крупных обсерваториях. Однако на его счету есть один важный вклад в астрономию: это был первый действительно большой телескоп, установленный на высотно-азимутальной основе и управляемый компьютером.

Крупнейшее современное зеркало установлено на телескопе Кека, расположенном на вершине Мауна-Кеа на Гавайях. Диаметр этого зеркала составляет 387 дюймов (9,82 метра), но с самого начала никто не собирався отливать его из цельного стеклянного диска: оно состоит из 36 сегментов, подогнанных друг к другу и образующих точную оптическую кривую. В 1996 году второй телескоп Кека — брат-близнец

первого — был установлен рядом; работая в паре, они могут различить фары автомобиля с расстояния 16 000 миль. В стадии разработки находятся другие крупные проекты, особенно так называемый «очень большой телескоп»: комбинация из четырех восьмиметровых телескопов, чья синхронная работа создает эквивалент зеркала диаметром шестнадцать метров. Этот телескоп будет установлен в Керро-Параналь (северное Чили) и начнет действовать в 2000 году.

Большинство новых обсерваторий строится в высокогорных условиях, над наиболее плотными слоями земной атмосферы. Самый крупный британский телескоп, названный в честь Уильяма Гершеля, установлен на вершине Рок-де-лос-Мучачос, потухшего вулкана в Ла-Пальме на Канарских островах, на высоте более восьми тысяч футов. Здесь есть также 100-дюймовый ньютоновский рефлектор, первоначально работавший в Херстмонсе, графство Суссекс. Ла-Пальма — испанский остров, но вершина вулкана стала родным домом для телескопов из многих стран, и можно вполне справедливо утверждать, что астрономия является интернациональной наукой.

Различные телескопы разрабатываются для выполнения особых задач. К примеру, инфракрасный телескоп Соединенного Королевства (UKIRT) на вершине Мауна-Кеа имеет тонкое зеркало диаметром 150 дюймов. Оно предназначено только для работы в инфракрасном диапазоне. Это означает, что зеркало обладает сравнительно низкой точностью, хотя в конечном счете оно оказалось настолько надежным, что его используют и для оптических наблюде-

ний. Солнечные телескопы улавливают свет с помощью вращающегося сферического отражателя, а затем солнечные лучи посылаются вниз по башне или наклонной плоскости в лабораторию, где подвергаются анализу на стационарной аппаратуре.

В определенном смысле, печально видеть закат эпохи больших рефракторных телескопов. Большинство из них имеет почтенный возраст, вплоть до начала XIX века, и лишь немногие используются для исследований на постоянной основе. Но они сыграли свою роль в развитии науки. В обсерватории Лоуэлла в Флагстаффе, штат Аризона, большой 24-дюймовый рефрактор ныне используется почти исключительно для публичных просмотров; я знаю, что это превосходный инструмент, так как незадолго до первого пилотируемого полета на Луну с успехом пользовался им для картирования лунной поверхности. Крупнейший британский рефрактор диаметром 26 дюймов в Херстмонсе простаивал без дела после переезда королевской Гринвичской обсерватории, но по моему предложению он недавно был введен в строй и снова дает полезную информацию. В огромном рефракторе есть что-то особенно милое сердцу астронома, и он отлично подходит для визуальных исследований Луны и планет.

Потом, разумеется, есть космический телескоп Хаббла, вращающийся по орбите на высоте более 350 миль. Он был запущен на космическом челноке в 1990 году. Обладая 94-дюймовым зеркалом, он действует в идеальных условиях наблюдения. После вывода на орбиту были об-

наружены изъяны в конфигурации зеркала, из-за чего разрешающая способность оказалась ниже ожидаемой. В 1993 году команда астронавтов на космическом челноке захватила телескоп, установила корректирующую оптику и вернула его на орбиту, поэтому теперь он полностью оправдывает первоначальные ожидания. Вторая экспедиция по техническому обслуживанию телескопа была проведена в 1997 году.

Современная обсерватория — такая, как в Мауна-Кеа или в Ла-Пальме — сама по себе является небольшим городом со всевозможными инструментами, лабораториями, служебными и жилыми помещениями. Но существует также много частных обсерваторий, и если у вас есть телескоп достаточно крупного размера, желательно установить его на постоянную основу. В качестве садовой обсерватории может сойти обычный сарай со сдвижной или разборной крышей либо настоящий купол; стоимость такой постройки находится в разумных пределах, и ее достаточно легко соорудить.

Заметьте также, что если вы приобрели хороший телескоп, то он будет служить вам всю жизнь. С учетом обстоятельств, материальные затраты не выглядят чрезмерными. Вполне приличный телескоп стоит не больше, чем пара железнодорожных билетов от Лондона до Эдинбурга, но он может доставить владельцу бесконечное удовольствие.

5

В космос

Происхождение идеи космических путешествий теряется в глубине времен. Люди давно мечтали оторваться от Земли, и во II веке н. э. греческий сатирик Луциан Самосский даже написал историю о полете на Луну. Он назвал ее «правдивой историей», так как, по его собственным словам, она была выдумана от начала до конца. В истории повествуется о том, как корабль, миновавший Геркулесовы Столбы, ныне известные как Гибралтарский пролив, попал в шторм и был подброшен вверх с такой силой, что через семь суток достиг Луны. Там моряки обнаружили, что они прибыли как раз вовремя: правитель Луны собирался начать войну с правителем Солнца за право владения Венерой (стоит добавить, что имеется в виду планета, а не богиня). Впоследствии для путешествия на Луну предлагались такие средства передвижения, как птичьи упряжки, шутихи и даже демоны.

Наконец, в 1865 году, был описан первый научный метод. Ему никогда не суждено осу-

ществоваться на практике, но тем не менее он весьма поучителен. Автором был Жюль Верн, великий французский писатель. В его повести «Путешествие от Земли до Луны» три путешественника забираются в огромный снаряд, который затем запускается по направлению к Луне со скоростью семь миль в секунду.

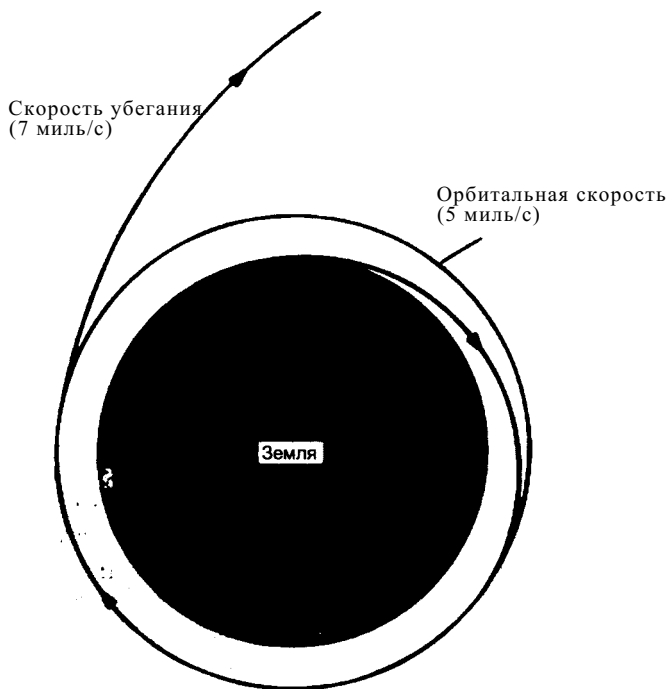
Жюль Верн верил в прогресс науки и действительно привел точную скорость для выхода за пределы земной орбиты, но есть несколько обстоятельств, которые он либо не знал, либо предпочел оставить без внимания. Во-первых, старт со скоростью семь миль в секунду будет (мягко говоря) довольно резким, и несчастные путешественники моментально превратятся в желе. Во-вторых, движение в атмосфере создаст трение, а при трении выделяется тепло; снаряд, выпущенный с такой скоростью, расплавится еще до того, как вылетит из дула орудия. В третьих, путешествие может произойти только в одну сторону (хотя в своем романе Жюль Верн хитроумно обошел это затруднение).

Но почему семь миль в секунду? Потому что это так называемая скорость убегания. Если вы бросите предмет вверх, он поднимется до определенной высоты, прежде чем упасть на землю. Бросьте его с большей скоростью, и он поднимется выше.

При начальной скорости семь миль в секунду (примерно 25 000 миль в час) предмет вообще не вернется: сила тяготения Земли будет недостаточной, чтобы притянуть его обратно, и он улетит в Космос.

Скорость убегания на поверхности небесного тела зависит от его массы. К примеру, масса Луны составляет лишь $1/81$ массы Земли, и лунная скорость убегания будет не более чем 1,5 мили в секунду.

Отвергнув идею космических снарядов, мы возвращаемся к ракете — единственному устройству, которое будет действовать в безвоздушном пространстве. Она устроена точно так же, как шутихи и «огненные змеи», которые британцы пускают каждый год пятого ноября в память



Скорости убегания

о Гае Фоксе*. (Некоторые люди утверждают, что это единственный человек, который сейчас нужен в нашем парламенте.) Такая ракета состоит из полого цилиндра, наполненного порохом и снабженного палочкой для большей стабильности. Когда поджигается запал, порох начинает гореть; продукты сгорания выталкиваются из задней части ракеты и разгоняют ее в противоположном направлении. Пока порох продолжает гореть, ракета будет лететь. В атмосфере нет необходимости; она лишь помеха, так как воздух создает трение и гасит скорость. Здесь мы имеем дело с законом Ньютона, который гласит, что действие равно противодействию.



Принцип действия ракеты

Очень просто продемонстрировать действие этого закона. Положите книгу на пол, встаньте на нее и прыгните вперед. Вы устремитесь в одном направлении, книга отлетит в другую сторону, поскольку вы оттолкнулись от нее. Тот же самый эффект будет действовать и в

* Речь идет о «пороховом заговоре» 1605 года, когда Гай Фокс попытался взорвать британский парламент. *Прим. пер.*

безвоздушном пространстве. Поэтому, если мы хотим выйти в Космос, то нашим средством передвижения будут ракеты.

Первое действительно научное предложение было выдвинуто более века назад застенчивым, почти глухим русским учителем, которого звали Константин Эдуардович Циолковский. Он понимал, что твердое топливо не годится для космических полетов, и разработал конструкцию настоящего ракетного двигателя, в котором две жидкости — скажем, бензин и жидкий кислород — нагнетаются в камеру сгорания, где вступают в реакцию и выделяют газы для реактивного выхлопа. Циолковский также предложил ступенчатую систему запуска ракет, чтобы последняя ступень получала необходимое ускорение для выхода в Космос. В то время его работа не вызвала никакого интереса, отчасти потому, что была опубликована в малоизвестном русском журнале, но после смерти в 1934 году Циолковский был признан «отцом идеи космических полетов», хотя он не проводил практических экспериментов и, возможно, никогда в жизни сам не запускал ракет.

Первая ракета на жидком топливе была построена в 1926 году американцем Робертом Хатчингсом Годдардом, никогда не слышавшим о трудах Циолковского. Его ракета была достаточно скромной и поднялась на несколько десятков футов с максимальной скоростью 60 миль в час, но этот опыт показал действенность реактивного принципа.

Несколько лет спустя группа немецких исследователей устроила эксперимент неподалеку

От Берлина. Они начали строить все более крупные и совершенные ракеты, но вскоре в Дело вмешались политики. Немецкое правительство засекретило эксперименты и перевело ведущих ученых, включая Вернера фон Брауна, на Пинемюнде, маленький островок в Балтийском море, с приказом разрабатывать новые вооружения для будущей войны. Именно здесь фон Браун и его коллеги изобрели управляемый снаряд ФАУ-2, использованный для бомбардировок Англии в 1944—1945 годах. Разумеется, ФАУ-2 выполняли чисто военные функции, но все же это были ракеты: прямые предки современных космических кораблей.

После поражения Германии экспериментаторов перевезли в Америку, и в 1949 году верхняя ступень научной ракеты воспарила на головокругообъемлющую высоту — почти 250 миль. На территории главной ракетной базы на мысе Канаверал во Флориде кипела бурная деятельность, и в 1955 году Белый дом мог с уверенностью утверждать, что первый искусственный спутник Земли будет запущен не позже 1958 года.

Как мы все хорошо помним, русские опередили американцев. Их «Спутник-1» открыл космическую эпоху 4 октября 1957 года; он вращался по замкнутой орбите вокруг Земли, посылая незабываемые сигналы «бип! бип!». За ним последовали другие русские спутники, а в 1958 году Вернер фон Браун командовал запуском первого американского спутника «Эксплорер-1». Соперничество в Космосе началось.

Если объект выводится на орбиту со скоростью пять миль в секунду, он не упадет вниз. Как и Луна, он будет бесконечно вращаться вокруг Земли, если только во время движения по орбите не войдет в соприкосновение с более плотными слоями атмосферы. Тогда трение замедлит его полет, и он по спирали устремится к поверхности, навстречу полному уничтожению (как это произошло с первым спутником в начале января 1958 года).

Как только был достигнут этот прорыв, в Космос начали запускать всевозможные спутники. Некоторые несли научное оборудование для изучения космических излучений, недоступных на поверхности Земли (к примеру, рентгеновских лучей); некоторые использовались для радио- и телевизионных передач; другие, к сожалению, служили военным целям.

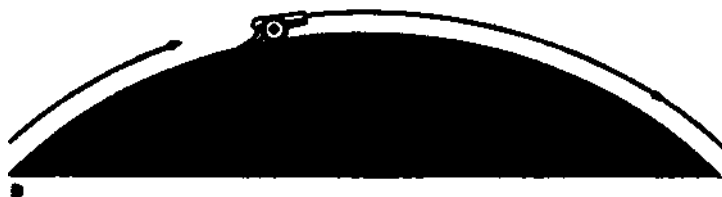
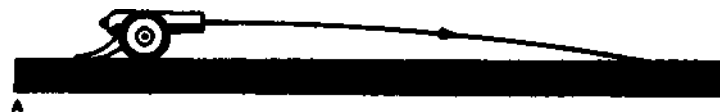
Через четыре года после запуска «Спутника-1» на орбиту поднялся первый человек. Русский космонавт совершил полный оборот вокруг Земли в своей маленькой капсуле «Восток-1», а затем благополучно приземлился в заранее определенном месте на территории бывшего Советского Союза.

До того времени существовало опасение, что Космос окажется средой, абсолютно неприемлемой для человеческого существования. К примеру, упоминалось о потенциальной опасности от космических лучей, которые на самом деле являются не лучами, а высокоскоростными частицами, постоянно бомбардирующими Землю со всех сторон.

Другой причиной беспокойства были метеориты, но самую главную проблему представляла невесомость, или нулевая гравитация. Как отреагирует на нее человеческое тело?

Находясь на околоземной орбите, в так называемом состоянии свободного падения, астронавт теряет вес, но не потому, что он выходит из-под воздействия гравитации (что теоретически невозможно), а потому, что он нейтрализует ее.

Чтобы продемонстрировать этот феномен, вы можете положить монетку на книгу и держать ее горизонтально на расстоянии вытянутой руки. Вес монеты давит на книгу, поэтому по отношению к книге она является «тяжелой». Теперь уроните книгу. Во время падения книга и монета движутся в одном направлении, с одной и той же скоростью; монета перестает давить на



Орбитальная скорость

На верхнем рисунке показана баллистическая траектория, на нижнем — орбитальная траектория

книгу и становится «невесомой» по отношению к ней. (Тот же эффект достигается при завершении ускоренного движения вверх.) Таким образом, астронавт на орбите перестает «давить» на свою ракету и становится невесомым.

К счастью, было установлено, что кратковременное воздействие невесомости не причиняет вреда человеческому организму. Я помню, как сам Юрий Гагарин рассказывал мне, что невесомость показалась ему «очень приятной». Жаль, что Гагарин погиб в обычной авиакатастрофе несколько лет спустя.

Вскоре в Космос поднялись еще более сложные аппараты, и к семье космонавтов присоединились женщины. Первой была Валентина Терешкова в 1963 году.

В 1970-х годах были запущены настоящие космические станции, начиная с американского «Скайлэба», на котором работали три сменные команды астронавтов. Станции были снабжены телескопами и всевозможным научным оборудованием. К 1988 году русская космическая станция «Мир» (которая по-прежнему находится на орбите) более года служила домом для двух космонавтов.

Возникла очевидная потребность в транспортных кораблях для перевозки сменных команд и снаряжения на орбиту и обратно на Землю. Строительство нового аппарата для каждого путешествия было бы чрезвычайно дорогостоящим предприятием, весьма напоминающим строительство нового поезда для каждой поездки между Лондоном и Бристолем. Так родилась идея космического челнока, о котором можно сказать,

что он стартует как ракета, летает как космический корабль и приземляется как планер. Большую часть его компонентов можно использовать многократно, и сам принцип достаточно разумен, но, к сожалению, технические проблемы оказались гораздо более значительными, чем ожидалось, и программа начала отставать от графика.

В 1986 году произошла трагедия: космический челнок «Челленджер» взорвался вскоре после старта, и все члены команды погибли. Даже теперь нельзя сказать, что космические челноки являются абсолютно надежными, а после распада СССР мы можем лишь гадать, что произойдет с русским челноком «Буран».

Теперь уже не секрет, что русские рассчитывали первыми запустить человека на Луну; они потерпели неудачу, потому что их аппараты не были достаточно надежными. Однако они послали первые автоматические лунные зонды, три из которых были запущены еще в 1959 году.

Зонд «Луна-1» пролетел мимо Луны, послав на Землю ценную информацию (например, о том, что у Луны нет магнитного поля). «Луна-2» разбился при посадке, а «Луна-3» обогнул спутник и передал первые фотографии его обратной стороны, всегда повернутой от Земли.

Затем последовал межпланетный зонд «Венера-1», стартовавший 1 февраля 1961 года. Однако на этот раз у русских появились значительные проблемы в осуществлении связи на больших расстояниях. По всей видимости, зонд пролетел недалеко от Венеры, но контакт с

ним был утрачен задолго до этого, и мы никогда не узнаем, что с ним случилось.

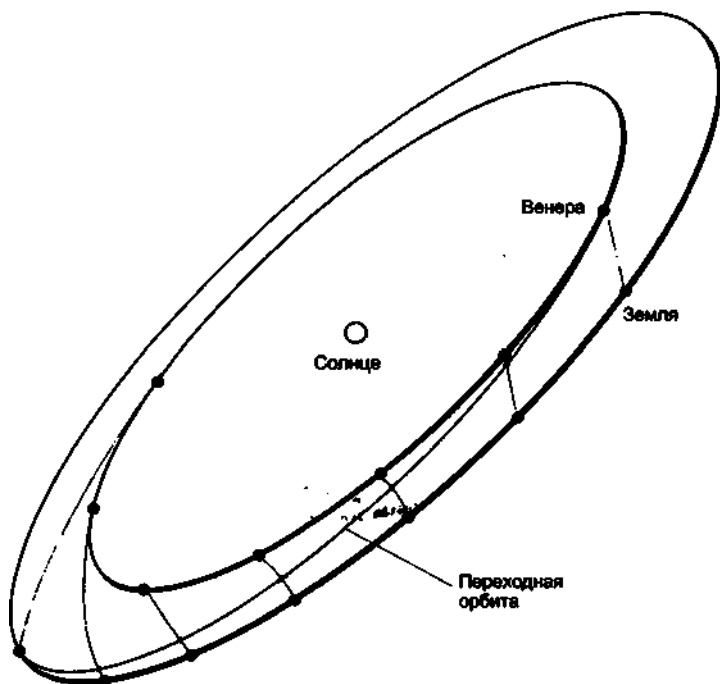
Первый успех был отпразднован уже через год, но он принадлежал американцам, а не русским: объектом исследований снова была Венера.

Послать автоматический зонд к другой планете гораздо сложнее, чем к Луне. Луна является нашим спутником и всегда остается близко к Земле, но даже Венера, ближайшая из планет, отделена от нас стократно большим расстоянием и движется по орбите вокруг Солнца, а не вокруг Земли. Более того, невозможно просто ждать, пока Венера приблизится к нам, а потом запустить ракету в этом направлении: тогда придется использовать топливо во время всего путешествия, но ни один космический аппарат не может вместить такое количество горючего. Вместо этого мы пользуемся тяготением Солнца и запускаем зонд по так называемой переходной орбите, где он может «дрейфовать» с выключенными двигателями большую часть пути.

Когда мы запускаем зонд к внутренней планете (к Меркурию или Венере), его нужно замедлять по отношению к Земле. После старта он движется по внутренней дуге к Солнцу с целью достичь орбиты другой планеты точно в нужный момент.

Начало успешных межпланетных перелетов было положено запуском «Маринера-2»; он стартовал 27 августа 1962 года и совершил рандеву с Венерой 14 декабря следующего года. (Если вам интересно, что случилось с

«Маринером-1», то могу сказать, что он упал в море почти сразу же после старта; кто-то забыл ввести в компьютер знак минус.) «Маринер-2» не приземлился, а пролетел мимо Венеры на расстоянии 21 000 миль, послав на Землю ценную информацию, прежде чем отправиться в бесконечное путешествие вокруг Солнца. Контакт с ним был полностью утрачен в январе 1963 года.



Переходная орбита

С тех пор было запущено много венерианских зондов, и русские даже осуществили управляемую посадку, получив фотографии непосредственно с поверхности планеты. Другая внутренняя планета, Меркурий, посещалась лишь одним космическим аппаратом: зонд «Маринер-10» совершил три активных прохода в 1974 и 1975 годах и по-прежнему движется по орбите вокруг Солнца, хотя контакт с ним давно утрачен. «Маринер-10» был первым автоматическим зондом, использовавшим так называемый метод гравитационного толчка. Проходя мимо Венеры, он воспользовался тяготением этой планеты как трамплином для перехода на новую орбиту для сближения с Меркурием.

Когда речь идет о внешних планетах, расположенных дальше от Солнца, чем Земля, процедура заключается в ускорении движения космического аппарата по отношению к Земле, поэтому он движется по внешней дуге. Первой мишенью был Юпитер. Зонд «Пионер-10» стартовал в марте 1972 года и миновал гигантскую планету в декабре следующего года. «Пионер-11», почти идентичный своему предшественнику, был запущен в 1973 году и прибыл к месту назначения в 1974 году, но после встречи с Юпитером он сохранил достаточно большой момент движения, чтобы пролететь обратно через всю Солнечную систему и встретиться с Сатурном в 1979 году. Несмотря на свои достоинства, «Пионеры» вскоре были вытеснены «Вояджерами», которые функционируют безупречно и до сих пор посылают обратные сигналы.

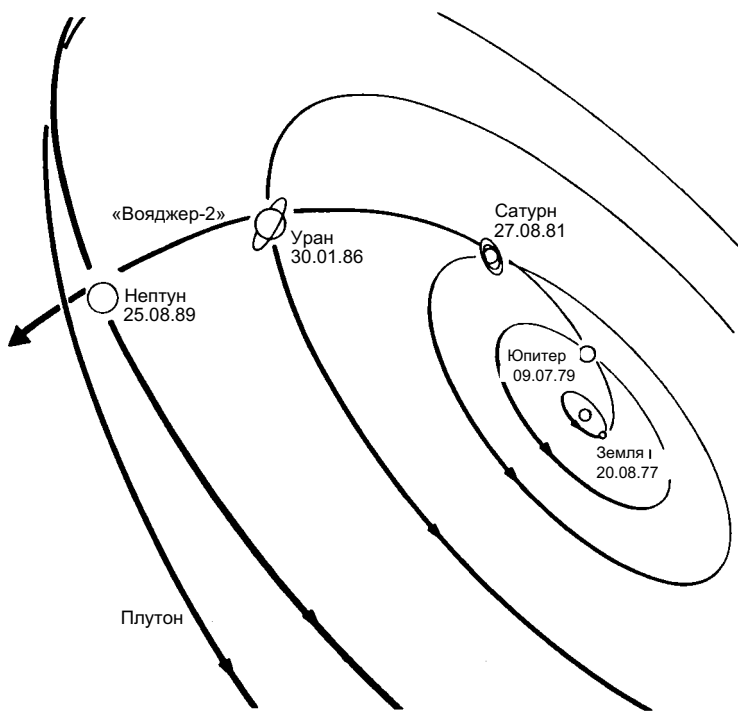
«Вояджер-1» отправился в путь в 1977 году и миновал Юпитер в 1979 году. Затем, с помощью метода гравитационного толчка, он отправился на встречу с Сатурном, а после этого начал нескончаемое путешествие за пределы Солнечной системы. Его брат-близнец «Вояджер-2» совершил еще более впечатляющее путешествие. По удачному стечению обстоятельств в конце 1970-х годов четыре гигантские планеты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — вытянулись в длинную пологую кривую, поэтому «Вояджер-2» смог миновать их поочередно: Юпитер в 1979 году, Сатурн в 1981 году, Уран в 1986 году и Нептун в 1989 году. К моменту встречи с Нептуном зонд находился в Космосе около двенадцати лет и пролетел более четырех с половиной миллиардов миль, однако лишь на две минуты отклонился от запланированного графика при сближении с Нептуном.

На этих страницах недостаточно места, чтобы пускаться в подробности устройства самих космических аппаратов; скажу лишь, что оно очень сложно. Хотя в пределах Солнечной системы можно пользоваться таким источником энергии, как солнечное излучение, в глубинах Космоса такая возможность отсутствует, поэтому «Вояджеры» снабжены крошечными ядерными генераторами, которые до сих пор работали хорошо.

Разумеется, мощность сигнала, посылаемого на Землю, была ничтожной. Ее не хватило бы даже для того, чтобы зажечь лампочку карманного фонарика на долю секунды, но электронные устройства могут обрабатывать самые сла-

бые сигналы и превращать их в превосходные фотографии, которые так много сообщают нам о других планетах.

Разумеется, были и неудачи. Русские не пытались посылать автоматические зонды за пределы марсианской орбиты, но даже с Марсом им не повезло (что удивительно, если учитывать успех венерианского зонда, ведь с логической точки зрения Венера была гораздо более трудной мишенью). Американские программы



Траектория полета «Вояджера-2»

постоянно задерживаются из-за недостаточного финансирования — в конце концов, космический аппарат стоит почти столько же, сколько атомная подводная лодка,— и различные важные миссии приходится откладывать на более поздние сроки. Трудно с уверенностью говорить о том, что произойдет в ближайшем будущем, но разговоры о постоянной базе на Луне или о пилотируемой экспедиции на Марс больше не кажутся фантастикой.

Эта книга посвящена астрономии, а не космическим исследованиям, но две эти области так тесно переплетаются, что бывает почти невозможно разделить их, как невозможно отделить арифметику от алгебры. Поэтому мне казалось важным хотя бы вкратце рассказать о событиях, происходивших после 4 октября 1957 года; теперь давайте вернемся к астрономическим материям.

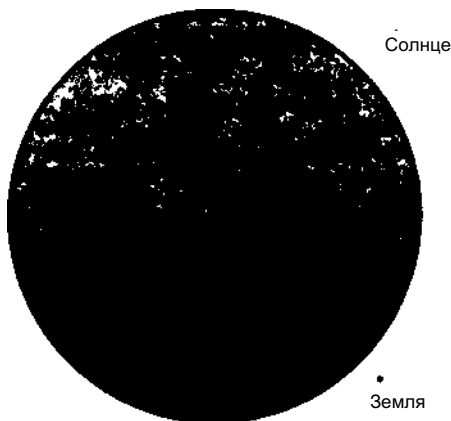
СОЛНЦЕ

Более ста лет назад знаменитый популяризатор астрономии Р. А. Проктор написал книгу о Солнце. Он назвал ее «Правитель, Огонь, Свет и Жизнь планетной системы», и с этим трудно не согласиться. Без Солнца жизнь на нашей планете не просуществовала бы и секунды, и сама Земля тоже не существовала бы в таком виде, как мы ее знаем. Однако только в последние двести лет мы начали понимать природу Солнца, и оно по-прежнему таит в себе немало загадок. Утверждалось даже, что сейчас мы знаем о Солнце меньше, чем предполагалось в начале космической эпохи!

Солнце, разумеется, не похоже на Землю или на любую другую планету. Оно состоит из раскаленного газа. Температура даже на видимой поверхности Солнца колеблется между 5000 и 6000°, а температура ядра, где вырабатывается солнечная энергия, достигает невероятной величины в 14 000 000°, а возможно, и больше. Диаметр солнечной сферы составляет 865 000 миль, поэтому объем Солнца более чем

в миллион раз превышает земной, но его масса «лишь» в 330 000 раз больше массы Земли, так как плотность солнечного вещества гораздо ниже. Фактически, Солнце «весит» лишь в 1,4 раза больше равного объема воды.

Попытки определить расстояние между Землей и Солнцем предпринимались еще в далеком прошлом, и хотя все их результаты были очень далеки от истины, наблюдатели сходились во мнении, что Солнце находится на огромном расстоянии от нас. Наиболее точная из древнегреческих оценок принадлежит Птолемею, называвшему цифру в пять миллионов миль, но первое достоверное измерение было проведено в 1672 году итальянским астрономом Д. Д. Кассини, который в то время работал во Франции директором новой Парижской обсерватории. В методе Кассини использовались законы Кеплера.



Солнце по сравнению с Землей

Как вы помните, Кеплер первым доказал, что планеты вращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам. Третий закон Кеплера определяет отношение между орбитальным периодом и расстоянием от Солнца. К примеру, зная орбитальный период Марса (687 дней) и период Земли (грубо говоря, 365 дней), нетрудно доказать, что Марс находится в 1,52 раза дальше от Солнца, чем Земля. Оставалось немного: определить фактическое расстояние в милях между Землей и Марсом можно с помощью обычных математических расчетов.

Кассини пользовался методом параллакса, определяя положение планеты среди звезд с максимально удаленных друг от друга участков земной поверхности. Его окончательный результат для расстояния между Землей и Солнцем (1 астрономическая единица) составлял 86 миллионов миль. Дальнейшие измерения увеличили эту цифру почти до 93 миллионов миль, и теперь мы можем пользоваться совершенно иным методом — методом радара.

Радар посылает энергетический импульс, который отражается от твердого тела (или его эквивалента) и возвращается обратно. Мы знаем, что скорость радарных импульсов равна скорости света (186 000 миль в секунду), поэтому время, необходимое для передачи импульса, скажем, от Земли до Венеры и обратно, дает нам расстояние до Венеры. Отсюда можно вычислить величину астрономической единицы. Она равна 92 976 000 миль; разумеется, это среднее расстояние, так как орбита Земли не представляет собой идеальную окружность.

Мы знаем расстояние от Земли до Солнца, знаем его размер и температуру. Мы также знаем, что Солнце может быть гораздо старше Земли, возраст которой составляет примерно 4,6 миллиарда лет. Но что заставляет Солнце светиться?

Некоторые идеи, выдвинутые в начале и даже в середине XIX века, были довольно забавными. Сэр Вильям Гершель, первооткрыватель Урана, твердо верил, что сияющая солнечная оболочка окружает спокойные, прохладные и даже пригодные для жизни области, которые вполне могут быть населенными. Он продолжал верить в это вплоть до своей смерти в 1822 году. Немногие соглашались с ним, и существовало негласное убеждение, что Солнце должно гореть на манер огромного костра. К сожалению, элементарные расчеты показывают, что это не так. Если бы Солнце состояло из угля, то при его реальной светимости оно должно было бы превратиться в пепел меньше чем за 5000 лет.

Согласно другому предположению, солнечная энергия вырабатывается благодаря постоянным столкновениям с космическими частицами, но это объяснение тоже было признано несостоятельным.

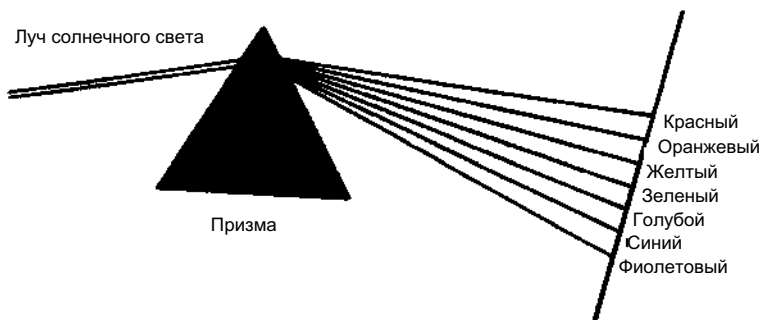
Теория сжатия, предложенная фон Гельмгольцем в 1834 году, выглядела предпочтительнее; на этот раз предполагалось, что Солнце сжимается примерно на 200 футов за один год, высвобождая гравитационную энергию в ходе этого процесса. Тогда солнечное излучение могло бы продолжаться в течение примерно 15 000 000 лет... но этого опять-таки недо-

статочно. Настоящее решение появилось позднее, и оно было основано на спектроскопическом анализе, одном из важнейших орудий астрономии.

Если телескоп собирает свет, то спектроскоп расщепляет его. Пропустите луч света через стеклянную призму, как это сделал Ньютон в 1666 году, и вы получите радужную полосу, начиная от красного на одном конце спектра, через оранжевый, желтый, зеленый и синий к фиолетовому на другом конце спектра. Это происходит потому, что призма по-разному преломляет различные цвета спектра: красный в наименьшей степени, а фиолетовый — в наибольшей.

Именно Ньютон впервые получил солнечный спектр, хотя его исследования так и не продвинулись дальше этой точки.

Новый этап наступил в 1802 году с появлением работ англичанина В. Г. Волластона. Он пропускал луч света через тонкую прорезь,



Получение цветов спектра с помощью призмы

анализировал его с помощью призмы и видел, что радужная полоса пересекается темными линиями. Тогда-то он и упустил шанс обрести научное бессмертие. Он думал, что линии просто обозначают границы между разными цветами спектра, и остановился на этом.

Следующим был блестящий немецкий оптик Иосиф Фраунгофер, который совершил романтическую карьеру. Он был простым подмастерьем, словно сошедшим со страниц одного из романов Диккенса, но когда его убогое жилище рухнуло, он был спасен курфюрстом Баварии, проезжавшим мимо в своей карете, и удостоился дружбы этого высокого покровителя. Впоследствии Фраунгофер стал лидером в своей области исследований; в 1814 году он приступил к изучению солнечного спектра. Как и Волластон, он видел темные линии, но в отличие от своего предшественника понял, что они имеют крайне важное значение. Они всегда занимали одно и то же положение и имели одинаковую интенсивность. Фраунгофер зарегистрировал и описал более пятисот таких линий, и даже сегодня они по-прежнему часто называются «линиями Фраунгофера».

К сожалению, Фраунгофер умер молодым, в самом расцвете сил, и загадка темных линий была решена лишь в 1859 году, в основном благодаря усилиям Густава Кирхгофа. Ученый обнаружил, что спектры бывают двух разных типов. Раскаленное твердое вещество, жидкость или газ при высоком давлении дают непрерывную радужную полосу от красного на длинном конце спектра до фиолетового

на коротком конце. Раскаленный газ при низком давлении содержит отдельные яркие линии, каждая из которых представляет собой «визитную карточку» одного элемента или группы элементов; к примеру, две четкие желтые линии в определенной части спектра создаются натрием. Если вы видите эти линии, то знаете, что в составе вещества присутствует натрий.

Яркая поверхность Солнца, или фотосфера, производит непрерывный спектр. Над ним находится область гораздо более разреженного газа, называемая хромосферой, где содержатся яркие линии эмиссионного спектра. Если рассматривать их на радужном фоне, то линии становятся «негативными» и кажутся темными. Это не влияет на их положение или интенсивность. Посмотрите на желтую часть спектра, и вы увидите две заметные темные линии, точно соответствующие знакомым желтым линиям натрия. Следовательно, этот элемент входит в состав Солнца.

Некоторые элементы дают очень сложный спектр (к примеру, тысячи линий у железа), но к настоящему времени на Солнце удалось определить большинство из 92 элементов, которые



Линии поглощения
Фраунгофера

Солнечный спектр

встречаются на Земле в естественном виде. Гелий, легчайший элемент после водорода, был обнаружен в солнечном спектре еще раньше, чем его удалось получить на Земле, и это отражено в его названии: *Gelios* по-гречески значит «Солнце». Английский астроном Норман Локьер обнаружил гелий на Солнце в 1868 году, а на Земле этот элемент впервые был получен лишь в 1894 году.

В общем и целом, сейчас мы можем сказать, что знаем, «из чего сделано Солнце». Интересно заметить, что в 1830 году французский философ Огюст Конт утверждал, что человечество никогда не сможет узнать химический состав звезд. Это доказывает, что когда французский философ делает какое-то глубоко-мысленное утверждение, оно почти всегда оказывается ошибочным...

Основным элементом, входящим в состав Солнца, является водород, и это не удивительно, так как водород — наиболее распространенный элемент во Вселенной. Более того, количество атомов водорода превышает количество атомов всех других элементов, вместе взятых. На каждый миллион атомов водорода в Солнце приходится 63 000 атомов гелия; следующим идет кислород (менее 700 в том же масштабе измерения). Поэтому водород составляет 71% массы Солнца, гелий 27%, а все остальные элементы — менее двух процентов.

Теперь мы можем приступить к изучению энергии Солнца. Нам придется иметь дело с ядерными реакциями, происходящими поблизости от его ядра, где температура и давление не-

вероятно высоки. В течение некоторого времени считалось, что энергия обеспечивается взаимной аннигиляцией атомов, но, согласно этой теории, Солнце может существовать десятки миллиардов лет, что, очевидно, является слишком долгим сроком.

Основной процесс был открыт в 1938 году, почти одновременно, двумя учеными: Гансом Бетом в Америке и Георгием Гамовым в Европе. Бет ездил на научную конференцию в Вашингтон и возвращался в свой университет на поезде, когда задумался над проблемой солнечной энергии. Прежде чем поезд подошел к станции, ему удалось решить главную проблему!

Ключевой элемент, водород, играет роль «солнечного топлива». В глубине Солнца ядра атомов водорода сталкиваются и образуют ядра следующего элемента, гелия. Чтобы произвести одно ядро гелия, необходимо четыре ядра водорода, и каждый раз, когда это происходит, высвобождается немного энергии и теряется немного массы, так как созданное ядро гелия «весит» чуть меньше, чем первоначальные четыре ядра водорода.

Именно так образуется энергия, благодаря которой светит Солнце, и потеря массы достигает четырех миллионов тонн в секунду. Это звучит тревожно, но Солнце имеет такую огромную массу, что потеря практически неощутима, и светило может существовать более или менее в таком же состоянии еще несколько миллиардов лет.

Разумеется, запасы водорода ограничены, и в долгосрочной перспективе они будут исчерпаны. Когда это произойдет, структура Солнца начнет изменяться.

Ядро уменьшится и станет еще горячее, в то время как внешние слои начнут разбухать под воздействием различных реакций. Солнце станет красным гигантом, и это со всей определенностью будет означать конец для Земли.

Нашему миру отпущен ограниченный срок, и если человечество еще будет существовать в том отдаленном времени, ему придется подыскать себе более безопасное место для жилья. Затем Солнце полностью избавится от внешней оболочки, а оставшееся ядро станет маленьким и поразительно плотным. Этот тусклый белый карлик довольно быстро погаснет и превратится в холодный, мертвый шар. Позднее я более подробно расскажу об эволюции звезд, но, по крайней мере, мы можем быть уверены, что в обозримом будущем с Солнцем не произойдет ничего страшного.

С другой стороны, Солнце до некоторой степени является переменной звездой, о чем свидетельствует динамика темных участков на его поверхности, известных как солнечные пятна.

Яркая солнечная поверхность, или фотосфера, обычно бывает нарушена одним или несколькими пятнами. Они были известны начиная с 1609 года, когда наблюдались через телескоп, а в астрономических записях Древнего Китая есть сведения о солнечных пятнах, наблюдаемых невооруженным глазом. Разумеется, тогда

их природа была неизвестна, хотя впоследствии предполагалось, что это разрывы в яркой оболочке, за которыми проглядывает более темное и холодное вещество.

Теперь мы знаем, что солнечные пятна представляют собой в основном магнитный феномен.

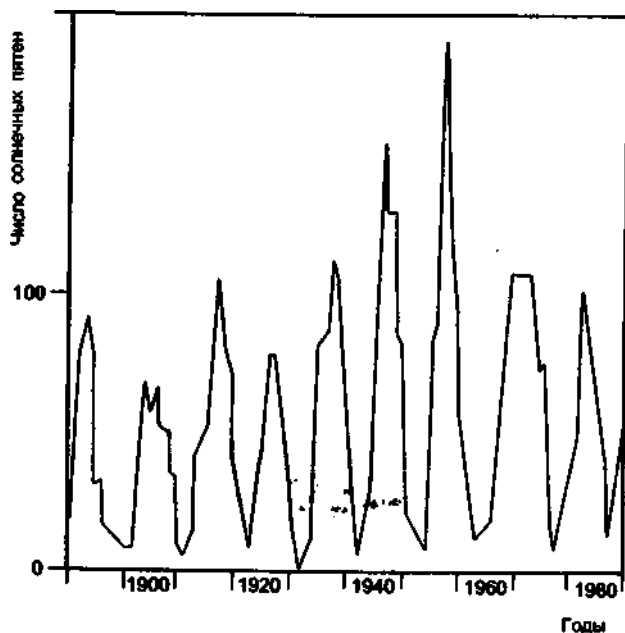
Солнце обладает магнитным полем, и силовые линии тянутся от одного магнитного полюса к другому, не очень глубоко под поверхностью фотосферы. Когда линии прорываются на поверхность Солнца, они временно охлаждают ее, и возникает солнечное пятно. В большинстве случаев появляется два главных пятна, которые, как и следовало ожидать, обладают противоположными магнитными зарядами.

Солнце вращается вокруг своей оси, но не как твердое тело, поскольку экваториальная область вращается быстрее полюсов. Экваториальный период составляет 25 дней, а полярный — 34 дня (эта динамика называется дифференциальным вращением).

Солнечное пятно может медленно перемещаться по диску, обращенному к Земле, и в конечном счете исчезает за его лимбом, чтобы вновь появиться через две недели или около того. Жизнь солнечных пятен обычно бывает довольно короткой. Крупная группа иногда существует в течение нескольких месяцев, но единичные маленькие пятна исчезают через несколько часов.

Полтора века назад немецкий аптекарь по имени Генрих Швабе, проводивший ежедневные наблюдения Солнца, обнаружил нечто очень интересное. Существует относительно периодич-

ный солнечный цикл. Каждые 11 лет Солнце проявляет активность, и на его поверхности появляется множество пятен; затем активность ослабевает, и наступает фаза, когда в течение многих дней пятна вообще отсутствуют, после чего группы пятен начинают появляться со все возрастающей частотой до следующего максимума. Пики солнечной активности наблюдались в 1958, 1969, 1980 и 1991 годах; в середине 80-х и 90-х годов активность была очень низкой.



Солнечный цикл

Число солнечных пятен за 100 лет, с 1880 по 1980 г.

Потом была обнаружена другая закономерность. Первые пятна в начале нового цикла появляются в довольно высоких солнечных широтах. Затем они перемещаются ближе к экватору, хотя и не доходят до него.

Еще до исчезновения последних пятен старого цикла в низких широтах мы видим появление первых пятен нового цикла в высоких широтах. Эта закономерность называется законом Шпорера в честь немецкого астронома, который первым обратил на нее внимание.

Полярность групп из двух солнечных пятен также связана с циклом. Предположим, что в Северном полушарии Солнца «лидером» является пятно с северной полярностью, а «последователем» — пятно с южной полярностью. Эта закономерность будет наблюдаться во всех группах Северного полушария, а в Южном полушарии картина будет обратной.

В конце цикла пятна меняются местами, поэтому можно сказать, что истинная продолжительность солнечного цикла составляет не 11, а 22 года.

Циклы не так регулярны, как может показаться на первый взгляд, и 11-летний интервал между двумя максимумами представляет собой среднее значение. Более того, по всей видимости, между 1645 и 1715 годами на Солнце вообще не было пятен. Этот феномен называется «минимум Маундера» в честь английского астронома Э. У. Маундера, который одним из первых заметил его, изучая старые записи.

Мы не можем быть полностью уверены, что **В** то время пятна на Солнце совершенно отсутствовали, так как записи довольно неполные. Однако, по-видимому, пятна действительно Появлялись очень редко. Есть некоторые свидетельства того, что это случалось и раньше.

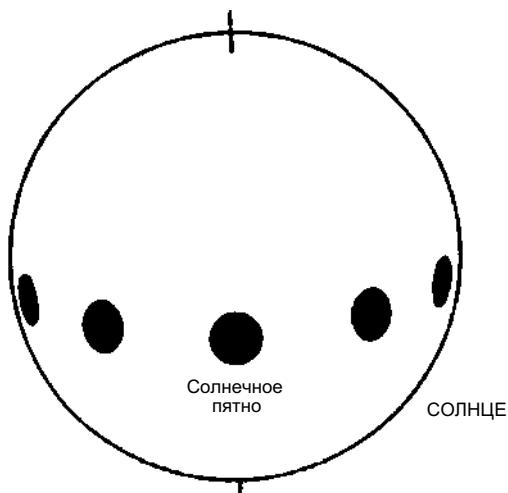
Вопрос о том, оказывают ли солнечные циклы непосредственное воздействие на климат Земли, по-прежнему обсуждается астрономами. Не ясно, случайным ли было совпадение «минимума Маундера» с так называемой малой ледниковой эпохой в Европе; в Англии, к примеру, Темза замерзала почти каждую зиму в 1680-е годы, и на льду устраивались народные гуляния, а в Исландии всерьез говорили об эвакуации. Но было бы наивно претендовать на полное знание механизмов солнечного воздействия, хотя мы считаем, что находимся на верном пути.

Крупное пятно состоит из темной центральной области, окруженной более светлым участком полутени. (Фактически, пятна не являются темными; они лишь кажутся такими, потому что примерно на 2000° холоднее, чем окружающая фотосфера.)

Некоторые пятна имеют симметричные очертания, другие асимметричны; встречаются также участки тени, сосредоточенные в сплошной массе полутени.

Когда пятно достигает края солнечного диска, оно выглядит укороченным, и поэтому кажется, что большинство пятен (но не все) имеют вогнутую форму.

Область полутени всегда более узкая по направлению к лимбу, как было отмечено шотландским астрономом А. Вильсоном в 1774 году. Не все пятна проявляют эффект Вильсона, но его стоит поискать.



Эффект Вильсона
(размер пятна специально увеличен)

К другим особенностям фотосферы относятся факелы — яркие области, обычно ассоциируемые с группами пятен и состоящие из сильно раскаленного газа. Они лучше всего видны около лимба, где фотосфера менее яркая, чем в центре диска. Спектроскопический анализ показывает, что они состоят из водорода. Поверхность Солнца имеет зернистую структуру; каждое «зерно» имеет около 6000 миль в поперечнике и существует около восьми минут.

Было подсчитано, что на всей поверхности светила одновременно находится около миллиона таких зерен, поэтому Солнце никогда не успокаивается полностью, даже в периоды минимальной активности.

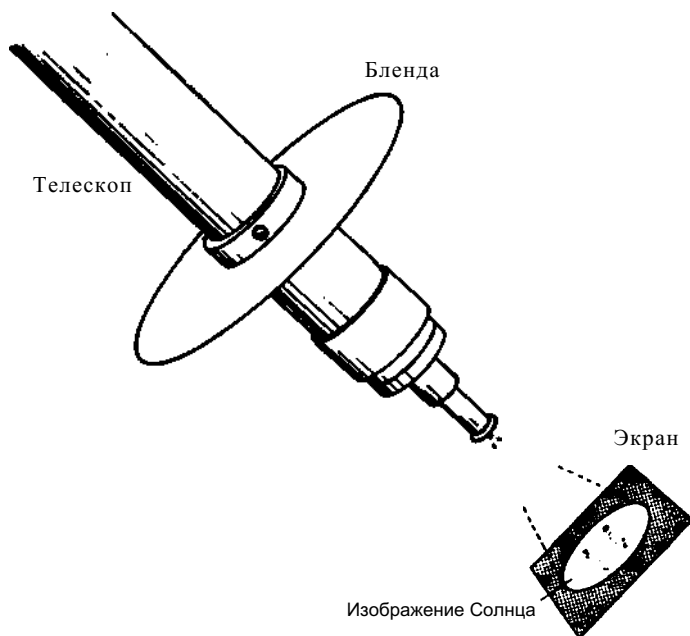
Активные группы пятен могут генерировать мощные выбросы, которые называются солнечными вспышками. При этом наэлектризованные частицы и коротковолновые излучения преодолевают расстояние между Солнцем и Землей и бомбардируют верхние слои атмосферы, в результате чего в небе возникают красивые сполохи, известные нам как северное сияние.

Вспышки на Солнце могут также создавать помехи в передаче радиосигналов. Однако лишь редкие вспышки можно наблюдать в видимой части спектра, и они обычно изучаются с помощью спектроскопического оборудования. При этом используется фильтр или эквивалентное устройство, отсекающее все части спектра, кроме излучения водорода или другого выбранного элемента, например кальция. Тогда вспышки и связанные с ними феномены становятся поразительно красивыми.

Наблюдение Солнца может доставить немало приятных минут, но оно таит в себе скрытые опасности и ловушки для неосторожных людей. Как вы помните, Солнце очень горячее. Если вы посмотрите прямо на него через телескоп или в бинокль, то сфокусируете свет и тепло на зрачке своего глаза, что приведет к трагическим результатам. Использование темных фильтров категорически не рекомендуется, так

как фильтр всегда может случайно разбиться и не дает полной защиты.

Грустно говорить об этом, но многие люди навсегда ослепли, посмотрев в телескоп прямо на Солнце. Я сам знаю о двух таких случаях. Единственный разумный метод заключается в том, чтобы направить телескоп на Солнце, но не смотреть в окуляр, а спроецировать изображение на белый экран, установленный сзади. Правда, существуют некоторые приспособления для «безопасного» наблюдения, но я советую не пользоваться ими, пока вы не накопите достаточного опыта.



Проецирование изображения Солнца

В любом случае, проецирование изображения дает удовлетворительные результаты, и вы можете производить ежедневные замеры положения группы солнечных пятен по мере того, как они пересекают диск от одного края к другому. Кроме того, можно вычислить ежедневное «цюрихское число», или «число Вольфа», рассчитываемое по формуле $Z = k(10g + f)$, где Z — это число Вольфа, g — количество отдельных групп солнечных пятен, а f — общее число пятен. Коэффициент k представляет собой константу, зависящую от снаряжения и опыта наблюдателя, но обычно близкую к единице. «Числа Вольфа» названы в честь Р. Вольфа из Цюриха, который изобрел эту систему в 1852 году.

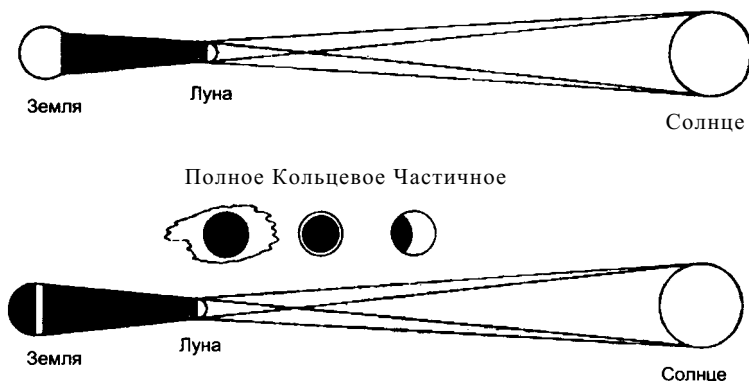
Над фотосферой расположена хромосфера, а над ней — так называемая солнечная корона. С помощью спектроскопического оборудования можно следить за хромосферой и связанными с ней феноменами в любое время, но чтобы хорошенько рассмотреть корону, придется либо совершить путешествие в Космос, либо ждать полного солнечного затмения.

Совершая свой ежемесячный цикл вокруг Земли, Луна иногда проходит между нею и Солнцем. Если смотреть на небо, то размер Луны и Солнца кажется почти одинаковым; диаметр Солнца в 400 раз превышает лунный, однако оно находится в 400 раз дальше. Это чистое совпадение, но какая удача для нас!

Солнечные затмения бывают трех типов: частичные, полные и кольцевые. Во время частичного затмения лишь ограниченный участок Солнца скрывается из вида, и хотя это довольно

интересное зрелище, оно не производит глубокого впечатления. То же самое можно сказать про кольцевое затмение, когда Солнце и Луна выстраиваются в линию, но Луна при этом находится в наиболее отдаленной части своей орбиты. Ее размера «не хватает», чтобы полностью закрыть Солнце, поэтому кольцо фотосферы продолжает сиять вокруг темного диска Луны.

Но полное затмение — это драматическое событие по любым стандартам, и его можно назвать одним из наиболее величественных зрелищ во всей природе. Когда последний уголок фотосферы скрывается за наступающим диском Луны, хромосфера внезапно становится видимой, и мы можем наблюдать красноватые массы газообразного водорода, которые называются протуберанцами, а также прекрасную жемчужную корону, окружающую Солнце со всех сторон.



Теория солнечного затмения

В хромосфере, расположенной непосредственно над фотосферой, генерируются линии Фраунгофера; там мы не обнаруживаем протуберанцы, которые либо сравнительно неподвижны, либо поражают мощью газовых выбросов.

Во время большинства солнечных затмений можно увидеть по меньшей мере один или два протуберанца. (Кстати, лишь после солнечного затмения в 1852 году астрономы наконец убедились, что протуберанцы имеют солнечное, а не лунное происхождение. Это показывает, как мало мы знали о Солнце 150 лет назад.) Поскольку теперь мы можем изучать протуберанцы с помощью спектроскопического оборудования в любое время, не дожидаясь затмения, нам хорошо известны особенности их поведения, но солнечная корона гораздо более неуловима, и поэтому многие астрономы по-прежнему готовы отправиться в долгое путешествие, лишь бы застать несколько драгоценных секунд полного затмения.

Солнечная корона состоит из газа, в основном из водорода. Его плотность очень низка — менее $1/10\,000\,000\,000$ плотности земной атмосферы на уровне моря, но температура огромна и доходит почти до $2\,000\,000^\circ$. Исходя из этого можно предположить, что она испускает громадное количество тепла, но ничто не может быть дальше от истины.

На языке науки понятие «температура» определяется скоростью движения атомов и молекул: чем быстрее они движутся, тем выше температура. Скорость атомов в солнечной короне

очень высока, но она настолько разреженная, что о «тепле» говорить не приходится. Мы до сих пор точно не знаем, почему температура короны так велика, но в целом представляется вероятным, что этот феномен имеет магнитную природу.

К сожалению, тень Луны падает на Землю только на короткое время, и поэтому солнечные затмения, которые можно видеть в любом месте на земной поверхности, случаются весьма редко. Если бы орбиты Земли и Луны лежали в одной плоскости, то солнечное затмение происходило бы при каждом новолунии, но в действительности лунная орбита наклонена по отношению к нашей под углом немногим более 5° , поэтому в большинстве случаев новая Луна проходит невидимой под Солнцем или над ним. Чтобы произошло затмение, новая Луна должна находиться очень близко к так называемому узлу, точке, где ее орбита пересекает плоскость эклиптики. Кроме того, полное солнечное затмение очень быстротечно: оно продолжается не более восьми минут, а обычно гораздо меньше. По обе стороны от зоны полного затмения оно, по очевидным причинам, воспринимается земными наблюдателями как частичное затмение.

Солнце, Луна и узлы занимают почти то же самое положение по отношению друг к другу примерно за 18 лет и 11 дней. Этот период известен как цикл сароса*. Таким образом,

* Египетское слово, буквально означает «повторение». — Прим. ред.

солнечное затмение с высокой степенью вероятности происходит через каждые 18 лет и 11 дней. Условия не всегда одинаковы, но цикл сароса дает ценные сведения и использовался в древности для предсказания затмений. Так, Фалес Милетский смог предсказать затмение 25 мая 585 года до н. э., которое, согласно преданию, остановило битву между армиями мидян и лидийцев: внезапная тьма так встревожила противников, что они поспешили заключить мир. Стоит заметить, что во время полного затмения небо не становится совершенно темным — скорее, наступает сумрак, в котором появляются планеты и яркие звезды.

В общем и целом, ничто не может сравниться с величием полного солнечного затмения. Если у вас есть возможность увидеть его, не мешкайте. В Англии вам придется подождать до 11 августа 1999 года, когда полоса полного затмения пройдет через Корнуолл (последний раз полное солнечное затмение наблюдалось в Англии в 1927 году), но еще раньше полное затмение произойдет 26 февраля 1998 года. Оно продлится три минуты одиннадцать секунд, и его можно будет видеть в экваториальных широтах Индийского и Тихого океанов.

Не удивительно, что Солнце излучает почти во всех спектрах электромагнитных частот. На космических станциях были выполнены исследования солнечных рентгеновских лучей, снабдившие ученых бесценной информацией; к примеру, теперь мы можем отслеживать так называемые коронарные дыры, или области особенно низкой плотности в солнечной короне.

Они имеют важное значение, так как являются маршрутами для потоков солнечного ветра — низкоэнергетических частиц, постоянно излучаемых Солнцем.

К Солнцу отправлялись специальные зонды, например «Улисс», позволивший нам изучить солнечные полюса, практически недоступные для наблюдения с Земли, так как мы видим их под неудобным углом. Полярные области Солнца имеют особое значение, так как здесь линии магнитного поля раскрываются, что облегчает излучение частиц солнечного ветра. Кроме того, Солнце является мощным источником радиоволн, и здесь значительную часть исследований можно выполнять на поверхности Земли.

Наконец, стоит упомянуть о проблеме, которая долгие годы озадачивала астрономов. Теоретически, солнечное излучение должно высвобождать огромное количество элементарных частиц, называемых нейтрино. Их крайне трудно определить, поскольку они не имеют электрического заряда и практически лишены массы. Глубоко в старом золотом руднике Хоумстед (Южная Дакота) Рэй Дэвис и его команда построили, наверное, самый странный «телескоп» в мире. Это большой контейнер, вмещающий 460 000 литров специальной жидкости, погребенный в шахте на глубине одной мили под землей. Жидкость сильно хлорирована, поскольку известно, что если нейтрино сталкивается с ядром хлора, он может трансформироваться в особую разновидность другого газа, аргона, легко определяемого современными приборами. Глубинное расположение необходимо, поскольку ес-

Ли бы эксперимент проводился на поверхности Земли, его результаты были бы искажены другими частицами, известными как космические лучи, которые постоянно бомбардируют Землю со всех направлений и приводят к тем же результатам. К счастью, космические лучи не могут проникнуть на такую глубину.

Результаты поразили исследователей: было обнаружено гораздо меньше нейтрино, чем они рассчитывали. Экспериментальные условия были правильными, да и в любом случае эксперимент уже был повторен в другом месте. Значит, что-то не так с нашими теориями. Проблема пока остается нерешенной, и это напоминает о том, что мы по-прежнему знаем о Солнце гораздо меньше, чем хотелось бы знать.

Всегда следует помнить о том, что Солнце является единственной звездой, расположенной достаточно близко к нам и доступной для изучения во всех подробностях. Поэтому оно — ключ в нашем поиске знаний о других звездах. Солнечная физика стала одной из важнейших дисциплин современной астрономии, и существует много обсерваторий, где исследователи сосредоточены почти исключительно на изучении Солнца. Мы прошли долгий путь с тех пор, как Вильям Гершель назвал Солнце прохладным и обитаемым миром.

7

ЛУНА

Солнце царствует днем, а Луна правит ночью — по крайней мере, часть каждого месяца. Свет полной Луны кажется очень ярким, и нам бывает трудно поверить, что нужно примерно 500 000 полных лун, чтобы свет от них сравнялся со светом Солнца. Количество тепла, поступающего к нам от Луны, ничтожно мало, поэтому мы можем смотреть прямо на нее в телескоп или бинокль. (Недавно появилось сообщение о странном расстройстве зрения, возникшем при наблюдении полной Луны через телескоп. Я весьма скептически отношусь к таким сообщениям; у вас не возникнет никаких проблем, если вы не будете специально смотреть на Луну очень долгое время, но то же самое произойдет, если вы будете пристально разглядывать лампочку включенного фонарика. Это всего лишь вопрос здравого смысла.)

Несмотря на впечатляющий вид, Луна является далеко не самым представительным членом солнечного семейства. Ее диаметр составляет 2158 миль, а масса в 81 раз меньше земной,

поэтому сила тяготения на Луне гораздо слабее. Скорость убегания составляет 1,5 мили в секунду, так что Луна оказалась не в состоянии удержать атмосферу, которую она когда-то могла иметь. Сейчас это безвоздушный, безводный и безжизненный мир. В темных пятнах, которые по-прежнему называют «морями», нет ни капли воды, хотя когда-то они действительно представляли собой океаны жидкой лавы.

Происхождение Луны пока остается неясным. Старая идея о том, что она просто оторвалась от быстро вращавшейся Земли, оказалась несостоятельной: она математически неприемлема. В то же время возникают трудности в обосновании другой теории, согласно которой Луна была независимым телом, некогда сблизившимся с Землей и не сумевшим преодолеть ее притяжение. Все большей поддержкой пользуется идея о том, что на ранних стадиях эволюции Солнечной системы произошло столкновение между Землей и крупным блуждающим телом, в результате чего произошел выброс огромного



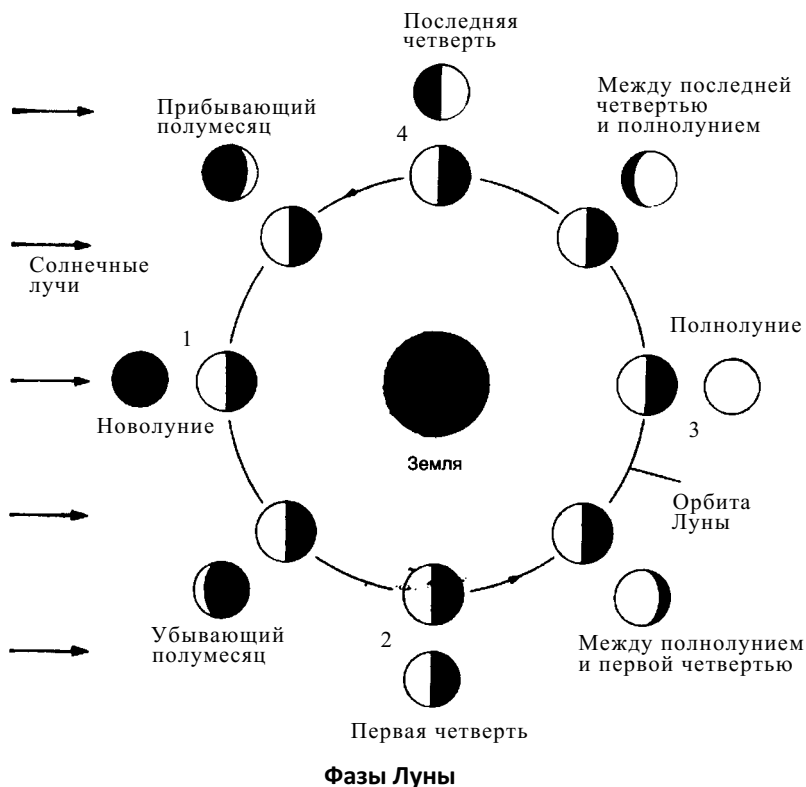
Луна по сравнению с Землей

количества мелких частиц, из которых впоследствии сформировалась Луна. По крайней мере, мы знаем, что оба небесных тела имеют примерно одинаковый возраст; горные породы, доставленные на Землю астронавтами «Аполлона» и автоматическими русскими зондами, близки по возрасту к древнейшим горным породам на нашей планете.

Часто говорят, что «Луна движется вокруг Земли». Это действительно так, но следует сделать одно уточнение. Строго говоря, Луна и Земля вместе движутся вокруг барицентра, или общего центра тяготения системы. Поскольку масса Земли в 81 раз превышает лунную, то барицентр находится глубоко под поверхностью земного шара, и простое утверждение может удовлетворить кого угодно, кроме математиков. Лунная орбита не имеет форму окружности: расстояние между Землей и Луной изменяется от 221 460 миль (перигей) до 252 700 миль (апогей).

Орбитальный период составляет 27,3 дня. Легко объяснить причину регулярных фаз, или изменений внешнего облика Луны. Когда Луна находится примерно на одной линии между Землей и Солнцем, ее темная, или ночная сторона обращена к нам и мы вообще не можем видеть ее, если не считать случаев солнечного затмения. (Как мы уже говорили, это не происходит ежемесячно из-за пятиградусного наклона земной орбиты.) Именно эта фаза, а не тонкий серп лунного месяца, появляющийся в небе через несколько дней, является настоящим новолунием. В положении 2 (см. рис.) половина освещенной стороны Луны обращена к нам;

это называется первой четвертью, потому что Луна завершает одну четвертую часть своего ежемесячного путешествия. В положении 3 мы видим весь освещенный диск (полнолуние), а в положении 4 — снова половину диска (последняя четверть). Поскольку Земля и Луна вместе движутся вокруг Солнца, то интервал между новолуниями, известный как синодический период, составляет 29,5 дня; это становится ясно, если внимательно изучить рисунок.



Когда Луна находится в стадии полумесяца, часто можно видеть слабое сияние ее ночной стороны. Оно происходит из-за света, отраженного от Земли, и поэтому известно как земное сияние*. Его причина была известна уже давно; Леонардо да Винчи, возможно, был первым, кто объяснил этот феномен. В народе его называют «старой луной в объятиях молодой луны», и раз уж речь зашла о фольклоре, стоит добавить, что, насколько нам известно, Луна не оказывает абсолютно никакого влияния на погоду.

Луна вращается медленно. Земной период вращения составляет 24 часа, в то время как у Луны он равен 27,3 дня, что в точности совпадает с ее орбитальным периодом. Совпадение может показаться странным, но его легко объяснить. Первоначально Луна и Земля обладали большей вязкостью, чем сейчас, и оказывали друг на друга приливное воздействие. Приливы, вызванные воздействием Земли, были значительно более мощными из-за ее превосходящей массы; в результате вращение Луны замедлилось и в конце концов вообще прекратилось по отношению к Земле — но не по отношению к Солнцу. Поэтому на лунной поверхности дневные и ночные условия освещенности на протяжении земных суток почти не изменяются. Лунный день длится около двух земных недель.

Все это означает, что одна сторона Луны всегда повернута к нам, а поверхность ее второй стороны остается невидимой. Этот факт всегда

* В литературе это явление часто называется «пепельным светом Луны», — Прим. ред.

приводил в негодование астрономов (включая и меня) до начала космической эпохи. Однако дела обстоят не так плохо, как может показаться. Хотя Луна вращается вокруг своей оси с постоянной скоростью, скорость ее вращения вокруг Земли непостоянна; следуя законам Кеплера, она движется быстрее, когда находится ближе всего к нам. Таким образом, каждый месяц положение на орбите становится несогласованным с моментом вращения, и мы можем заглянуть за край (лимб) лунного диска. Это, наряду с другими, менее значительными эффектами подобного рода, известными как либрации, позволяет изучить с Земли около 59% лунной поверхности, и лишь 41% постоянно остается скрытым от нас.

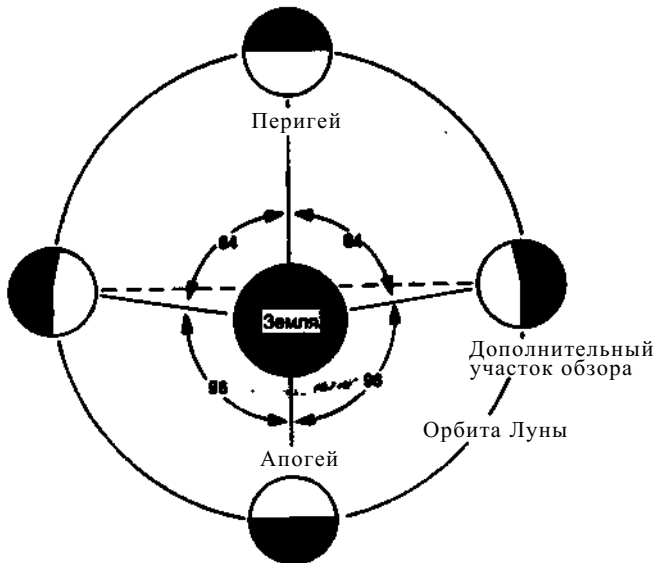


Схема либрации

После кругового облета, осуществленного русским автоматическим зондом «Луна-3» в 1959 году, мы впервые получили возможность увидеть обратную сторону Луны. Как и ожидалось, она была похожа на уже известные области, хотя в некоторых деталях имелись определенные различия.

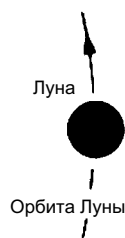
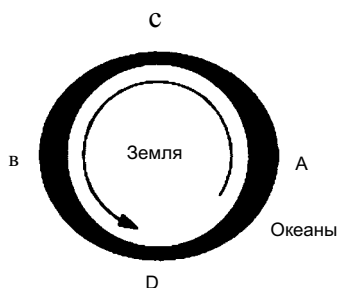
Основное воздействие Луны на Землю связано с приливами. Для начала давайте представим, что наша планета покрыта мелководным океаном, а Земля и Луна стоят неподвижно. На рисунке, выполненном вне масштаба, мы имеем высокий прилив в точке А и другой высокий прилив в точке В, с отливами в точках С и D. Лунное тяготение заставляет воду собираться в точке А, где оно является наиболее сильным. Разумеется, сила тяготения воздействует и на сушу, но ее гораздо труднее сдвинуть с места, чем воду, поэтому эффект оказывается незначительным.

Все это хорошо, но почему высокий прилив существует и в точке В? Будет недостаточно, если мы просто скажем, что плотный земной шар «оттягивается» от воды, поэтому давайте представим ситуацию, когда Земля и Луна являются единственными объектами во всей Вселенной и падают по направлению друг к другу. Ближайшая к Луне точка А будет подвергаться наибольшему ускоряющему воздействию, и вода в этой точке как бы выпирает навстречу. В точке В происходит нечто противоположное. Ускоряющее воздействие там меньше среднего, поэтому вода стремится «остаться позади», выпи-

рая в противоположную сторону и образуя такой же высокий прилив.

Теперь предположим, что расстояние между Луной и Землей остается неизменным, а Земля вращается вокруг своей оси за 24 часа. Вполне очевидно, что приливы не будут вращаться вместе с ней, а сохранят свое положение «под» Луной. Таким образом, каждый прилив будет огигать Землю один раз в сутки, и в целом на каждый участок земной поверхности приходится по два прилива и отлива за полные сутки.

Однако есть осложняющие обстоятельства. Во-первых, Земля не покрыта мелководным океаном, и очертания морей и континентов играют очень важную роль. Во-вторых, Луна движется по своей орбите, поэтому приливы медленно смещаются, следуя за ней. Кроме того, для образования приливной волны необходимо определенное время, поэтому максимальный прилив происходит не точно «под» Луной. В общем и целом, приливные феномены являются сложным сочетанием нескольких факторов.



Приливы

Мы не можем пренебрегать и Солнцем, которое также создает приливы. Они гораздо слабее лунных, потому что Солнце в 400 раз дальше от нас, и главная приливная сила обусловлена различием гравитационного воздействия на противоположные стороны Земли.

Когда Солнце и Луна «тянут» в одном направлении (во время новолуния или полнолуния), приливы достигают наивысшей силы, а когда они «тянут» в разные стороны (во время первой и последней четверти), приливы бывают слабее. Любой, кто живет на побережье (как я), может собственными глазами видеть это различие.

Теперь давайте перейдем к изучению самой Луны. Даже беглый взгляд на лунную поверхность показывает, что там есть светлые и темные области. Говорят, что рисунок пятен смутно напоминает человеческий силуэт, хотя признаюсь, мне никогда не удавалось различить его. Первоначально светлые области считались сухой, а темные водой, и мы по-прежнему пользуемся такими романтическими названиями, как Море Спокойствия и Океан Бурь, хотя еще в самом начале эры телескопов стало ясно, что так называемые моря на самом деле совершенно сухие.

Лунные моря имеют довольно симметричную форму. Крупнейшее из них, Море Дождей, частично ограничено высокими горными хребтами, лунными Альпами и Апенниннами. Хребтам часто давали земные названия; некоторые пики поднимаются на высоту более 20 000 футов. Существует также много отдельных гор и

холмов, и можно сказать, что ровный рельеф в целом не характерен для Луны.

Разумеется, на лунной поверхности преобладают кратеры — от огромных, размером более 150 миль, до крошечных ямок, практически неразличимых с Земли.

Многие кратеры имеют террасированные склоны с центральными горами или горными группами. Так, например, великолепный кратер Теофила на краю моря Нектара имеет 64 мили в поперечнике и обладает массивным горным комплексом в центре. Высочайшие пики по краям кратера поднимаются до 18 000 футов над его дном, но имеют гораздо меньшее превышение над внешней поверхностью.

Фактически, лунный кратер в разрезе больше напоминает мелкое блюдо, чем колодец с крутыми стенками. Центральные пики никогда не превосходят по высоте края внешнего кольца, и возможно, было бы уместно назвать лунный кратер «просевшей равниной», хотя одна формация, 54-мильный кратер Варгентин, заполнен лавой и имеет вид горного плато.

Лунные кратеры были названы итальянским астрономом Риччиоли, который составил первую лунную карту в 1651 году. Он называл кратеры



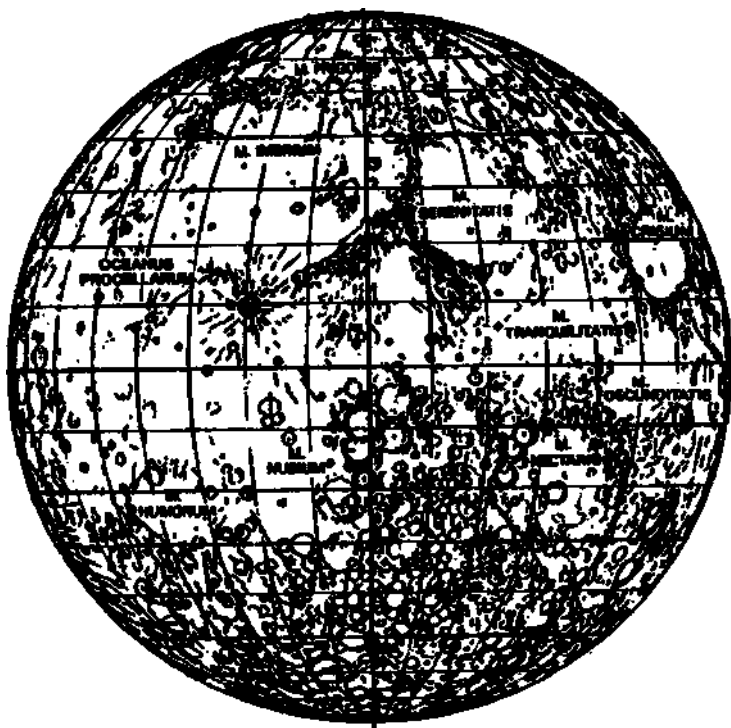
Лунный кратер в разрезе

в честь знаменитых людей, обычно (хотя и не всегда) астрономов. Наблюдатели следовали этой системе вплоть до наших дней, но, разумеется, Риччиоли «использовал» все главные кратеры, поэтому следующим астрономам, таким, как Ньютон и Гершель, пришлось довольствоваться второстепенными. Галилей представлен довольно невыразительным кратером в Океане Бурь, но это было сделано умышленно: Риччиоли не верил в систему Коперника и, по его собственным словам, «бросил Галилея в Океан Бурь». Однако Риччиоли достаточно справедливо обошелся с Коперником и назвал его именем одну из наиболее впечатляющих формаций на Луне. Она расположена в Море Облаков, имеет 56 миль в поперечнике и превосходно террасированные стены, а во время полнолуния видна как центральная точка системы с яркими полосами, или «лучами», тянущимися на большие расстояния во всех направлениях.

На южных возвышенностях Луны существует еще более обширный центр радиальных лучей, исходящих от кратера, названного в честь Тихо Браге. Эти лучи представляют собой поверхностные отложения; они не отбрасывают тени и хорошо видны, лишь когда Солнце находится высоко над ними.

Не все лунные кратеры похожи на кратер Тихо или Коперника. К примеру, кратер Платона, достигающий 60 миль в поперечнике и расположенный на возвышенности между Морем Холода и Морем Облаков, имеет серое дно, почти лишенное деталей рельефа. Несмотря на округлую форму, он значительно удален

от центра лунного диска и виден с Земли как эллипс. Все кратеры, расположенные около лунного лимба, кажутся укороченными, а в областях либрации (периодически появляющихся и исчезающих из виду) бывает трудно отличить стену кратера от горного хребта. До появления космических зондов карты этих участков были довольно неточными.



Схематическая карта Луны

К второстепенным деталям лунного рельефа относятся купола, или низкие выпуклости, часто увенчанные скалами на вершине; хребты, которые иногда змеятся по поверхности морей; долины и трещины, которые называются лунными бороздами (риллами), или расщелинами. Некоторые из них достаточно заметны, и их можно различить с помощью маленьких телескопов. Частично они образованы цепочками мелких кратеров, а другие явно представляют собой структуры обрушения и похожи на трещины в засохшей глине.

В распределении кратеров прослеживается некоторая закономерность: когда одна формация сочетается с другой, последней почти всегда оказывается кратер меньшего размера, включенный в более крупный. Существуют пары и группы кратеров, а также цепочки огромных формаций, явно принадлежащих к разным эпохам. Некоторые кратеры настолько разрушены и деформированы, что почти неразличимы.

Как образуются кратеры? Этот вопрос вызывал бесконечные споры. В наши дни господствует мнение, что они образовались в результате сильнейшей метеоритной бомбардировки в промежутке между 3,9 и 3,2 миллиарда лет назад, когда град метеоритов обрушивался на лунную поверхность, оставляя глубокие шрамы. Альтернативная точка зрения, согласно которой главные кратеры имеют вулканическое происхождение, ныне не пользуется популярностью, хотя до сих пор имеет некоторых сторонников (включая и меня). В любом случае, очень долго на Луне не происходило ничего особенного.

Основной период активности закончился по меньшей мере три миллиарда лет назад, поэтому даже «молодые» кратеры, такие, как Тихо или Коперник, являются очень древними по земным стандартам, и динозавры видели Луну такой же, как она выглядит сейчас. Единственными признаками нынешней активности являются очень слабые локальные газовые выбросы из трещин в лунной коре.

Я уже кое-что рассказал о космических миссиях, которые начались с запуска автоматических лунных зондов в 1959 году.

За русскими зондами серии «Луна» последовали американские «Сервейоры» и «Орбитеры». Потом началась программа «Аполлон», вершиной которой стало прилунение «Орла», спускаемого аппарата с «Аполлона-11», в июле 1969 года.

Сомневаюсь, что кому-то удалось превзойти описание Эдвина Олдрина, назвавшего лунную сцену «величественным запустением». Небо на Луне черное даже днем. Там нет погоды, и стоит абсолютная тишина. Флаги, установленные астронавтами, не колышутся, да и как они могут колыхаться в отсутствие ветра? Различные предметы, оставшиеся на поверхности, не подвергаются воздействию эрозии; к их числу принадлежат разбившиеся космические зонды, нижние ступени модулей «Аполлона», три «лунных автомобиля», в которых астронавты с «Аполлонов-15, -16 и -17» ездили по лунной поверхности, и, разумеется, научное оборудование — теперь, к сожалению, отключенное из соображений экономии.

Не вызывает сомнений, что рано или поздно все это будет собрано и представлено в лунных музеях... В сущности, идея лунной базы уже не кажется фантастичной. Если бы мы захотели, то, наверное, смогли бы построить ее лет через двадцать, но это потребовало бы огромных материальных затрат — не меньше, чем при строительстве медицинского исследовательского центра.

После окончания программы «Аполлон» в 1972 году Луна была оставлена практически без внимания, хотя в 1994 году маленький фототографический зонд «Клементина» (названный в честь героини шахтерской песни, которая «ушла и пропала навеки») дал весьма ценную информацию. В частности, этот зонд исследовал лунные полюсы, и было высказано предположение о наличии льда на дне некоторых кратеров, где всегда стоит глубокая тень и космический холод. У меня есть глубокие сомнения на этот счет, но придется подождать результатов дальнейших исследований.

Для наблюдателя с телескопом вид лунной поверхности меняется с поразительной скоростью, но не потому, что это действительно так, а из-за меняющегося угла падения солнечных лучей.

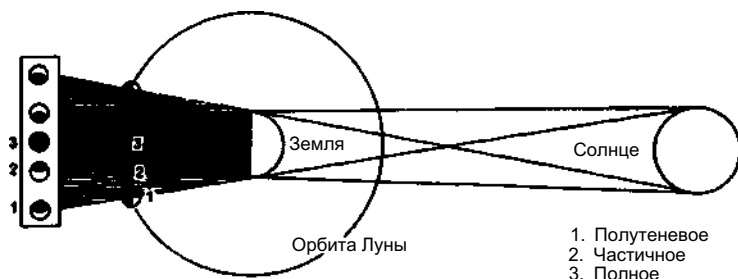
Когда кратер находится рядом с терминатором, или границей между освещенной и темной полусферами, он залит тенью и может быть очень заметным; перед полнолунием тени почти исчезают, и на сцене преобладают яркие кольцевые системы — в основном кратеров Тихо и Коперника,— а крупные равнины,

окруженные горными хребтами, бывает трудно различить. Кратер Платона всегда заметен из-за своего серого дна; то же самое можно сказать о кратерах Гримальди и Риччиоли около западного лимба, в то время как 23-мильный кратер Аристарха в Океане Бурь настолько ярок, что неопытные наблюдатели часто принимают его за действующий вулкан. Чтобы овладеть навыками ориентировки на лунной поверхности, вам не понадобится много времени, но помните, что лучший вид открывается в первой и последней четвертях.

Полнолуние является худшим временем для наблюдений, особенно если вы принадлежите к числу начинающих астрономов.

Во время полнолуния Луна иногда может войти в тень, отбрасываемую Землей, и в результате случается лунное затмение. Это не происходит ежемесячно опять-таки из-за пятиградусного наклона лунной орбиты по отношению к земной. Лунные затмения тоже могут быть полными или частичными, и для наблюдателя, не меняющего своего положения на поверхности Земли, случаются чаще, чем солнечные, так как их можно видеть с любой точки, где Луна находится над горизонтом,— а для того, чтобы увидеть солнечное затмение, вам следует оказаться в нужном месте в нужное время. Лунное затмение нельзя назвать впечатляющим зрелищем, но на него стоит посмотреть: отраженный свет постепенно гаснет, и Луна становится тусклой, часто приобретая медный оттенок, пока снова не выходит из тени. Обычно она не исчезает полностью, так как часть солнеч-

ных лучей достигает ее в преломленном виде из-за атмосферной оболочки, окружающей Землю. Здесь все зависит от климатических условий. Когда верхние слои атмосферы загрязнены пылью и пеплом, как это было в течение нескольких месяцев после извержения вулкана Пинотубо на Филиппинах, затмение может быть таким «темным», что Луну вообще трудно найти на небе. В других случаях лунный диск переливается чудными красками, на радость фотографам — особенно потому, что затмение длится довольно долго. Фаза полного затмения иногда продолжается более часа.



Теория лунного затмения

Последнее полное лунное затмение произошло 16 сентября 1997 года. Теперь нам придется подождать до 21 января 2000 года и 9 января 2001 года.

Случается также, что Луна проходит перед звездой и временно скрывает (затеняет) ее. Из-за отсутствия лунной атмосферы звезда сияет ровно до того момента, когда она скрывается

за надвигающимся лимбом, который гасит ее внезапно, как свечу на ветру. Планеты тоже могут затеняться Луной, хотя здесь исчезновение и выход из тени происходит постепенно, так как планета имеет вид диска, а не точечного источника света.

После программы «Аполлон» сложилось общее мнение, будто мы узнали о Луне все, что хотели знать, и пора отказаться от дальнейших исследований. Это глубоко ошибочное мнение. Существует еще много нерешенных проблем, да и в любом случае Луна не утратила своего волшебного очарования; это наш верный спутник в Космосе, и без нее ночное небо стало бы -гораздо менее привлекательным.

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Еще не так давно люди думали, что Солнечная система является единственной в своем роде — или, по крайней мере, настолько исключительной, что шансы отыскать другие миры в глубинах Галактики практически равны нулю. Теперь мы думаем иначе, так как наши теории изменились.

Многое зависит от механизма формирования планет. Сначала огромной поддержкой пользовалась так называемая теория газовой туманности, предложенная великим французским ученым Лапласом в 1790-х годах. Он предположил, что система образуется из вращающегося газового облака, которое сжимается под воздействием гравитации. В ней образуются отдельные кольца, каждое из которых уплотняется и образует планету, а центральная часть становится Солнцем. Однако от этой идеи пришлось отказаться из-за множества математических противоречий, и на смену ей пришло несколько «приливных теорий».

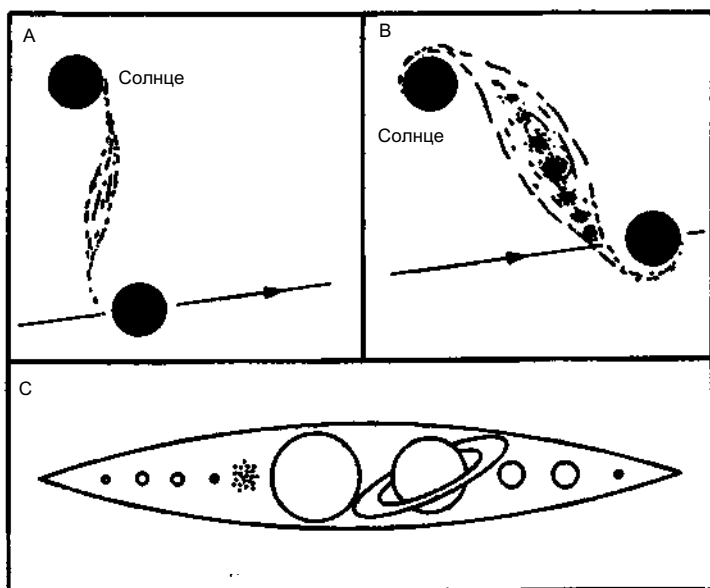
Наиболее знаменитая теория была выдвинута ээром Джеймсом Джинсом, известным популяризатором астрономии в годы между Первой и Второй мировыми войнами. (Он также был ведущим астрофизиком, и лишь в конце своей карьеры обратился к созданию книг для начинающих.)

Согласно Джинсу, планетное вещество было «вырвано» из Солнца под воздействием близко проходившей звезды, а затем распалось на отдельные части, образуя планеты. При этом наиболее крупные планеты (Сатурн и Юпитер) находятся в центре планетной системы, где некогда находилась утолщенная часть сигарообразной туманности.

Если бы дела действительно обстояли таким образом, то планетные системы были бы чрезвычайно редким явлением, так как звезды отделены друг от друга колоссальными расстояниями, и вполне возможно, что наша планетная система могла бы претендовать на роль единственной в Галактике. Но математики снова бросились в атаку, и в конце концов приливная теория присоединилась к газообразным кольцам Лапласа в мусорной корзине науки.

Теперь мы имеем гораздо более правдоподобную теорию, которая, как ни странно, ближе к идеям Лапласа, чем к теории Джинса. Считается, что планеты сконденсировались из облака космического материала, связанного с молодым Солнцем, поэтому все они близки по возрасту. Это объясняет, почему Солнечная система четко разделена на две части. Ближе к Солнцу

температура была очень высокой, поэтому такие легкие газы, как водород и гелий, вытеснялись на периферию, а на внутренних планетах происходило накопление более тяжелых элементов. В дальнейшем температура понизилась и появилась возможность удерживать легкие элементы: поэтому планеты-гиганты, в отличие от внутренних членов системы, не являются плотными и каменистыми. Действительно, у планеты-гиганта может быть твердое ядро, но большей частью они состоят из жидкости, с очень мощной атмосферой, богатой водородом и гелием.



Приливная теория Джинса

Звезда проходит рядом с Солнцем, вытягивая из него вещество (рис. А и В); планеты формируются из этого материала (рис. С)

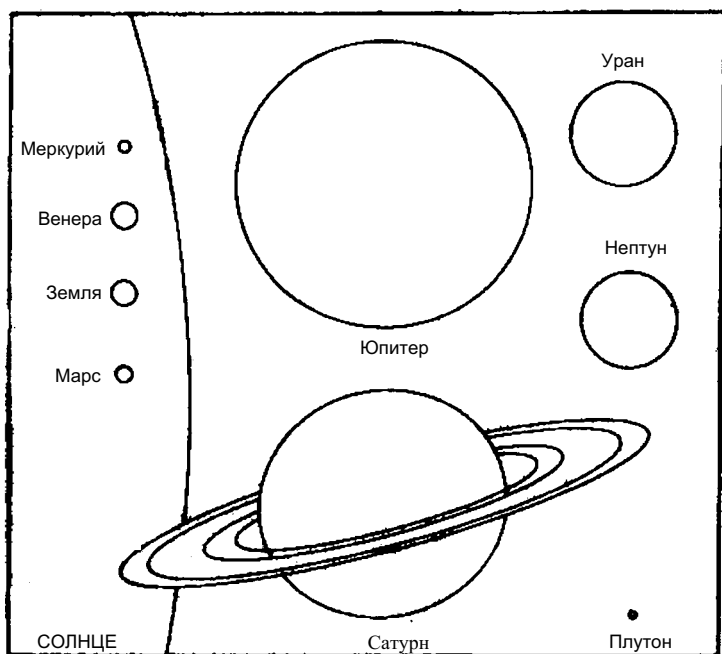
Хотя планеты сияют лишь отраженным светом, их отражательная способность (альbedo) очень различна. Так, покрытая облаками Венера отражает около 78% солнечного света, падающего на нее, в то время как альbedo каменистого Меркурия составляет лишь 6%, что близко к среднему альbedo Луны. Поскольку планеты находятся на разном расстоянии от нас и имеют различные размеры, то их светимость изменяется в широких пределах.

Первые пять планет, судя по всему, были известны еще на рассвете человеческой истории. Венера и Юпитер гораздо ярче любой звезды, то же самое относится к Марсу в лучшие дни для наблюдения. Сатурн достаточно заметен, и даже Меркурий без труда можно увидеть невооруженным глазом. Древние хорошо знали Меркурий, хотя сначала считали «вечернюю» и «утреннюю» звезду двумя разными планетами. Такая же ошибка допускалась и по отношению к Венере.

Таблицу с основными данными о планетах можно найти в приложении 1, но, пожалуй, будет полезно также воспользоваться масштабной моделью.

Давайте представим Солнце размером с футбольный мяч и поместим его посередине игрового поля. Тогда Меркурий будет песчинкой на расстоянии примерно 60 футов от Солнца; Венера будет горошиной на расстоянии 120 футов; Земля — другой горошиной на расстоянии 165 футов; Марс — рисовым зернышком на расстоянии 250 футов; Юпитер — мячом для гольфа на расстоянии 850 футов; Сатурн — мячиком

для настольного тенниса на расстоянии 1550 футов; Уран — виноградиной на расстоянии 3200 футов; Нептун — другой виноградиной на расстоянии 7400 футов. Плутон будет еще одной песчинкой, но его расстояние от Солнца изменяется в широких пределах, и время от времени он бывает ближе к Солнцу, чем Нептун. Ближайшая звезда в этом масштабе будет крикетным шаром на расстоянии 8000 миль, поэтому если мы хотим включить ее в эту модель, то нам придется выбрать очень большое футбольное поле!



Размеры планет по сравнению с Солнцем

Теперь давайте обсудим способы движения планет. Меркурий и Венера ведут себя особым образом и проявляют весь цикл фаз, сходных с лунными. На рисунке (см. с. 136) показана орбита Венеры (при том предположении, что Земля является неподвижной). В положении 1 Венера находится в нижнем соединении* — то есть расположена между Землей и Солнцем, так что темное полушарие планеты повернуто к нам и мы не можем ее видеть.

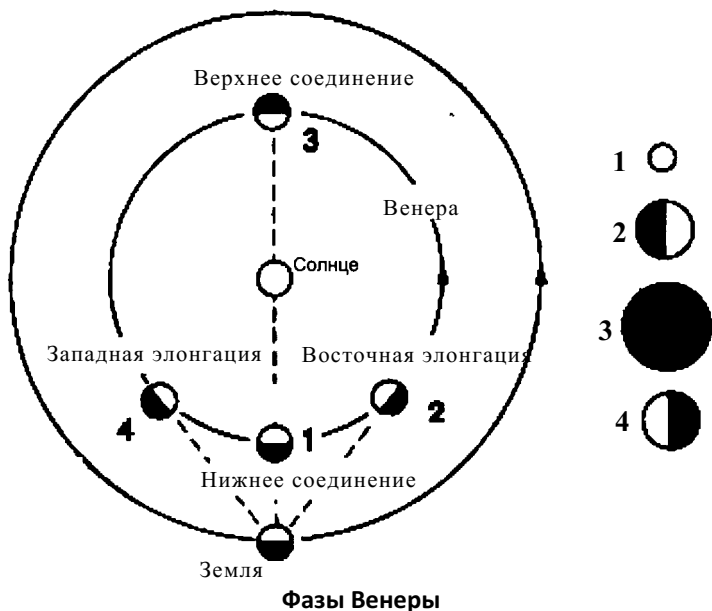
При полном соединении Венера кажется черным диском, пересекающим лик Солнца, но из-за наклона ее орбиты в $3,4^\circ$ это случается нечасто. Парные проходы Венеры перед Солнцем происходят с интервалом 8 лет, а затем наступает более чем столетний перерыв; последний парный проход пришелся на 1874 и 1882 годы, а следующий будет в 2004 и 2012 годах. Поэтому в настоящее время среди людей нет никого, кто мог бы помнить проход Венеры (я с надеждой ожидаю 8 июня 2004 года). Проходы Меркурия случаются чаще, следующий состоится 15 ноября 1999 года.

Теперь давайте вернемся к рисунку. По мере движения Венеры, она показывается как полумесяц в утреннем небе, а в положении 2 достигает наибольшей элонгации и имеет вид Луны в последней четверти, часто появляясь над горизонтом за несколько часов перед Солнцем. Однако она расположена дальше от нас, чем в фазе 1, и ее видимый диаметр кажется меньше. Как

*Соединение — наибольшее кажущееся сближение небесных тел. — Прим. пер.

ни странно, Венера сияет ярче всего на стадии полумесяца, которую можно наблюдать с помощью бинокля; люди, обладающие особенно острым зрением, могут различить ее невооруженным глазом.

В положении 3 Венера вступает в фазу «полнолуния», но при этом она находится за Солнцем (верхнее соединение) и исчезает из виду для земных наблюдателей. Затем фазы повторяются в обратном порядке. Довольно любопытно, что момент первой и последней четверти, или дихотомия (положение 2 и 4 на рисунке), обычно не совпадает с временем элонгации. Когда Венера прибывает, дихотомия запаздывает на один или



два дня; когда Венера убывает в вечернем небе, дихотомия происходит на один-два дня раньше.

Это явление было впервые отмечено Иоганном Шретером в 1790-х годах, и я однажды назвал его «эффектом Шретера» — термин, который потом вошел в общее употребление. Разумеется, это не означает, что наши расчеты ошибочны: эффект обусловлен плотной облачной атмосферой Венеры.

Если взять Меркурий, максимальная элонгация которого никогда не превышает 30° , то там эффект Шретера полностью отсутствует, так как на Меркурии практически нет атмосферы.

Внешние планеты, расположенные за орбитой Земли в Солнечной системе, ведут себя иначе.

На следующем рисунке (см. с. 138) показан небесный маршрут Марса, орбитальный период которого составляет 687 земных дней.

Когда Солнце, Земля и Марс выстраиваются в одну линию, Марс находится в противоположной от Солнца точке небосвода, и тогда мы говорим о противостоянии. В это время Марс лучше всего доступен для изучения.

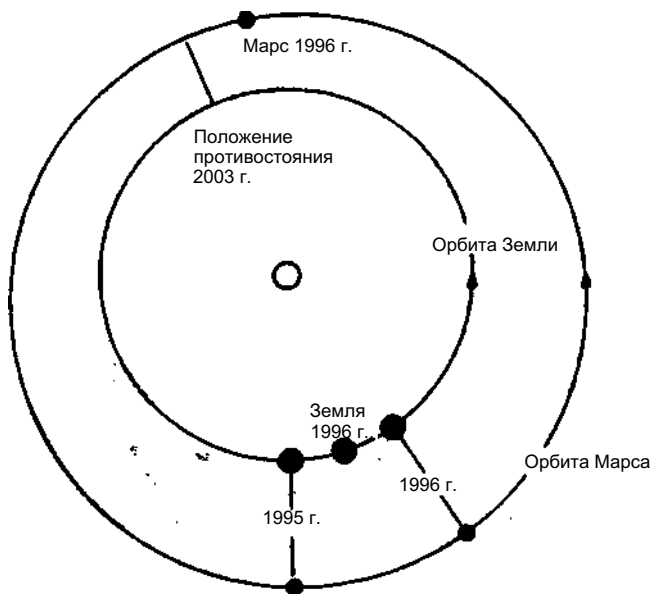
Год спустя Земля совершает один оборот вокруг Солнца, но Марс, который движется медленнее по более вытянутой орбите, не поспевает за ней, и следующее противостояние откладывается до тех пор, пока Земля не «поравняется» с Марсом.

Таким образом, синодический период Марса длится больше двух лет. В среднем он составляет 780 дней, поэтому противостояния были в 1993 и 1995 годах, но не в 1994 и 1996 годах.

Поскольку марсианская орбита более вытянута, чем земная, не все противостояния происходят в одинаковых условиях. Иногда, как в 1988 году, расстояние между Землей и Марсом сокращается примерно до 36 000 000 миль. В других случаях, как в 1995 и 1997 годах, расстояние превышало 60 000 000 миль.

Следующее близкое противостояние наступит в 2003 году, когда в течение короткого времени Марс будет сиять даже ярче, чем Юпитер.

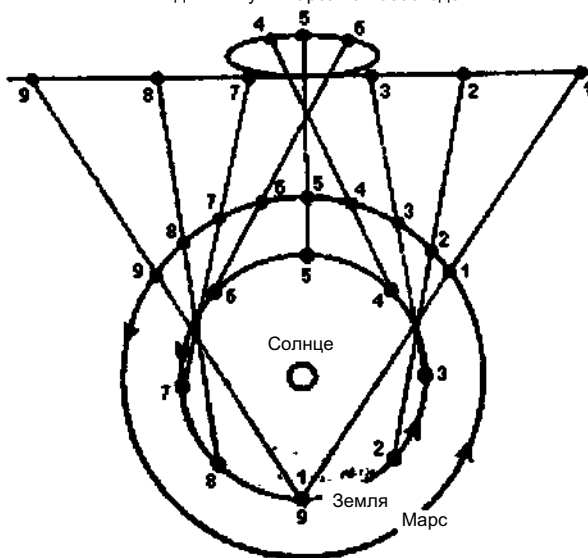
Внешняя планета не может проходить через нижнее астрономическое соединение, но когда она находится на дальней стороне от Солнца, то наступает верхнее соединение.



Противостояния Марса

Обычно внешние планеты движутся с запада на восток на фоне звезд, но это происходит не всегда, как показано на следующем рисунке; я ограничился Марсом, но сам принцип в равной мере относится к Юпитеру и остальным. Незадолго до противостояния, когда Земля начинает "обгонять" Марс, наступает перемена: Марс достигает стационарной точки, а затем начинает двигаться в обратном направлении — то есть с востока на запад на фоне звезд. Когда планета оказывается в следующей стационарной точке, она возобновляет движение на восток. Фактически, кажется, что внешние планеты описывают длинные, медленные «петли» в ночном небе.

Видимый путь Марса на небосводе



Возвратное* движение Марса

* В астрономии чаще принято называть его попятным. — *Прим. ред.*

Все планеты и астероиды движутся вокруг Солнца так же, как и Земля. Этого следует ожидать, но, как ни удивительно, не все планеты вращаются одинаково. Венера перевернута «вверх ногами», с нашей точки зрения: она вращается с востока на запад, и если бы вы могли стоять на поверхности планеты и видеть Солнце, то обнаружили бы, что оно восходит на западе и заходит на востоке (чисто теоретически, поскольку наблюдатель на поверхности Венеры не сможет увидеть ничего, кроме плотного облачного покрова).

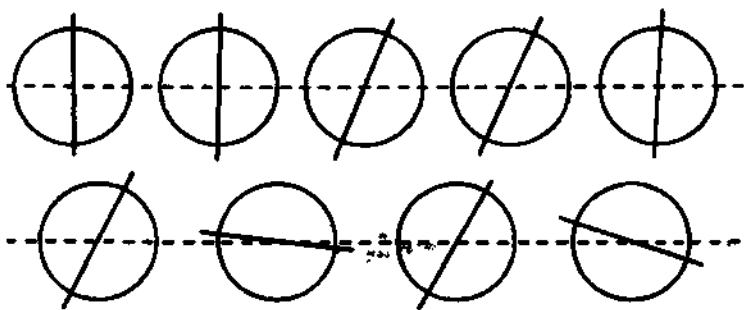
Уран тоже вращается довольно странным образом, так как его ось вращения наклонена к перпендикуляру под углом больше 90° , что приводит к возникновению совершенно необычного календаря. Причины этого явления неизвестны*.

Предположение о том, будто планета подобного размера может «перевернуться» в результате столкновения с каким-то массивным объектом, кажется абсолютно неубедительным, но когда меня просят придумать лучшее объяснение, я вынужден признать свое поражение. Ось вращения Плутона тоже наклонена под углом около 122° , но когда речь идет о малом небесном теле, гораздо проще найти приемлемое решение.

* Ось вращения Урана почти лежит в плоскости орбиты, по которой планета движется вокруг Солнца. Это приводит к действительно странным сезонным и погодным изменениям, например, летом в Северном полушарии Солнце находится почти «над головой» в точке северного полюса. — Прим. ред.

Скорость убегания на поверхности планеты зависит от ее массы. Так, например, скорость убегания на Юпитере составляет 37 миль в секунду, а на Меркурии — всего лишь 2,6 мили в секунду (немного больше, чем на Луне). Способность удерживать атмосферу связана со скоростью убегания, поскольку слишком слабая гравитация не сдерживает утечку воздуха, как это произошло с Луной. Не удивительно, что на Марсе сильно разреженная атмосфера, а на Меркурии ее практически нет. Но как быть с Плутоном, чья скорость убегания составляет менее одной мили в секунду? У Плутона довольно мощная, хотя и разреженная атмосфера. Однако этому есть объяснение. Скорость движения атомов и молекул в значительной степени зависит от температуры, а на Плутоне так холодно, что движение атмосферных частиц сильно замедляется. На Титане, крупнейшем спутнике

Меркурий 0° Венера 178° Земля $23^\circ 44'$ Марс $25^\circ 20'$ Юпитер $3^\circ 12'$



Сатурн $26^\circ 73'$ Уран $97^\circ 86'$ Нептун $29^\circ 65'$ Плутон $118''?$

Наклон осей вращения планет Солнечной системы

Сатурна, более плотная атмосфера, чем на Земле, хотя его скорость убегания почти равна лунной; это опять-таки объясняется очень низкой температурой на поверхности.

Один факт на первый взгляд звучит удивительно: сила тяготения на поверхности планеты зависит не только от ее массы, но и от ее диаметра. Упрощенно говоря, небесное тело ведет себя таким образом, словно вся масса сосредоточена в его центре, и чем дальше вы находитесь от этого центра, тем слабее сила тяготения. Вот почему на поверхности Марса и Меркурия гравитация почти одинакова: Марс значительно массивнее, но и крупнее, поэтому поверхность планеты находится на большем расстоянии от ее центра. Если бы вы могли стоять на поверхности Сатурна, то обнаружили бы, что «весите» лишь немногим больше, чем на Земле!

Большинство планет имеет спутники, но их «семейства» сильно отличаются друг от друга. Лишь Венера и Меркурий странствуют в одиночестве — любые их спутники, если бы они существовали, были бы уже открыты к этому времени. Марс имеет два крошечных спутника, Фобос и Деймос, которые представляют собой просто большие каменные обломки и, несомненно, являются астероидами, когда-то сблизившимися с Марсом и не сумевшими освободиться от оков тяготения этой планеты. Юпитер имеет четыре крупных спутника и двенадцать малых. У Сатурна один крупный спутник (Титан) и несколько среднего размера плюс три карликовых. Уран имеет пять спутников среднего размера и десять очень маленьких, а Неп-

тун — один крупный спутник (Тритон) и семь крошечных. Плутон представляет собой особый случай, так как его спутник Харон лишь наполовину уступает ему в размере.

Меньшие планеты условно называются «планетами земного типа»*, а другие — «планетами-гигантами», но мы должны модифицировать эту классификацию, поскольку Плутон нельзя назвать настоящей планетой земного или любого другого типа. По размеру он занимает более или менее среднее положение между Лунной и наиболее крупным астероидом Церерой. Возможно, Плутон и его спутник Харон следует называть планетоидами — так сказать, космическим мусором, оставшимся после формирования главных планет из солнечной туманности. В последние годы на окраине Солнечной системы были обнаружены тела еще меньшего размера, и, по всей видимости, существует непрерывная градация от крупных планет к очень незначительным космическим обломкам.

В главе 11 мы подробнее расскажем о второстепенных членах Солнечной системы, таких, как астероиды и кометы. В общем и целом, мы можем назвать эту систему весьма стабильной. Земная орбита остается неизменной, и нет оснований полагать, что в ней произойдут какие-то заметные перемены до того отдаленного времени, когда Солнце исчерпает запас водородного топлива и начнет увеличиваться в размерах, с катастрофическими результатами для Земли. Разумеется, существует возможность,

* Чаще говорят: планетами земной группы.— Прим. ред.

что мы столкнемся с блуждающей кометой или астероидом, как это произошло с Юпитером в июле 1994 года. В прошлом Земля уже испытывала подобные столкновения, и, согласно популярной теории, именно метеоритный удар около 65 000 000 лет назад вызвал значительные изменения мирового климата, губительные для динозавров. Однако возможность такого события в ближайшем будущем крайне незначительна.

Меня часто спрашивают, почему только Земля пригодна для жизни белковых существ. Главная причина заключается в том, что Земля имеет нужную массу и размеры и движется на подходящем расстоянии от Солнца. Как заметил один знаменитый астроном, если бы земные условия были непригодными для нас, то нас бы здесь не было. Мы были бы где-то еще!

ВНУТРЕННИЕ ПЛАНЕТЫ

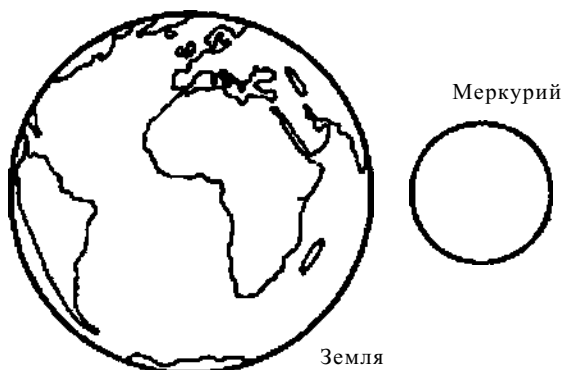
Мы испытываем естественный интерес к внутренним планетам Солнечной системы, так как они являются нашими ближайшими соседями и находятся в пределах досягаемости современных зондов и пилотируемых аппаратов. Однако они совсем не похожи на Землю, и условия на этих планетах нельзя назвать благоприятными для человека.

Даже на Марсе, который долгое время считался потенциально пригодным местом для развития жизни, человек не может выжить без защитного скафандра.

Принимаясь за описание планет Солнечной системы, удобно будет начать с Меркурия, а затем двигаться дальше от Солнца. Это достаточно логично, а в нашей науке нельзя обойтись без логики.

Меркурий — миниатюрный мир. Его диаметр составляет лишь 3030 миль, и поскольку он никогда не сближается с нами меньше чем на 50 000 000 миль, то он не очень заметен

на ночном небе*. Многие люди — даже некоторые астрономы! — вообще никогда не видели его. Фактически, Меркурий может сиять ярче любой звезды, но так как он появляется лишь на закате и на рассвете, мы не имеем возможности наблюдать его на фоне совершенно темного неба, и ни один земной телескоп не в состоянии дать подробную информацию о деталях его поверхности.



Меркурий по сравнению с Землей

Лишь один космический зонд побывал рядом с Меркурием — «Маринер-10», сделавший три активных прохода в 1974—1975 годах, прежде чем контакт с ним был утрачен. До этого наши знания о Меркурии были разрозненными, хотя существовало негласное убеждение, что его поверхность не слишком отличается от поверхности Луны.

* Точнее, на вечернем или утреннем небе, так как Меркурий можно наблюдать только рядом с Солнцем. — Прим. ред.

Разумеется, орбита Меркурия с периодом обращения за 88 земных дней была хорошо известна и раньше, но осевой период вращения оставался тайной. В течение долгого времени предполагалось, что он примерно равен орбитальному периоду; в этом случае Меркурий всегда должен быть обращен одной стороной к Солнцу, точно так же, как Луна всегда обращена одной стороной к Земле. Однако орбита Меркурия заметно вытянута, и расстояние между планетой и Солнцем меняется от 43 000 000 миль до 29 000 000 миль. Поэтому орбитальная скорость тоже изменяется по закону Кеплера, что приводит к эффекту либрации. Таким образом, согласно этой теории, на Меркурии должны существовать области «вечного дня» и «вечной ночи», а также узкая промежуточная «сумеречная зона», где Солнце часто показывается и исчезает над горизонтом.

Авторы научно-фантастических романов хорошо развили тему сумеречной зоны на Меркурии, но в 1960-х годах было обнаружено, что в действительности дела обстоят совсем иначе. Исследования с помощью инфракрасных приборов показали, что темная сторона планеты вовсе не такая холодная, как можно было бы ожидать, если бы туда никогда не попадал солнечный свет. Затем ученые воспользовались радарными методами и установили, что период вращения Меркурия составляет 58,6 дня, или $2/3$ меркурианского года. Поэтому все участки его поверхности освещаются Солнцем в то или иное время — за исключением дна глубоких кратеров возле полюсов планеты, где лежит вечная тень.

Первые серьезные попытки картирования поверхности Меркурия были предприняты более века назад итальянским астрономом Скиапарелли, но до полета «Маринера-10» наилучшая карта Меркурия принадлежала Евгениусу Антониади, астроному греческого происхождения, жившему во Франции. Он пользовался 33-дюймовым рефрактором в Медонской обсерватории под Парижем и составил карту ярких и темных участков планеты. Антониади даже дал особые названия некоторым деталям рельефа — например, Возвышенность Гермеса Трисмегиста, или Пустошь Гермеса Трижды Величайшего.

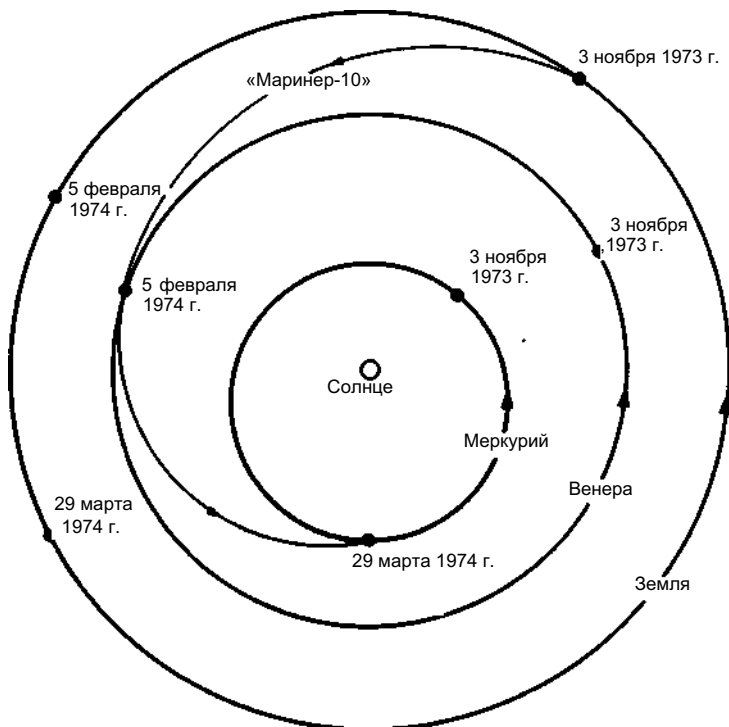
Увы, впоследствии было обнаружено, что его карта имеет слабое отношение к действительности, и пришлось вводить совершенно новую номенклатуру. Это произошло не по вине Антониади. Он был прекрасным наблюдателем и пользовался разумным методом, изучая поверхность Меркурия в дневное время, когда планета находится высоко над горизонтом. Дело в том, что Меркурий так мал и удален от нас на такое большое расстояние, что представляет собой крайне трудный объект для тщательного исследования.

«Маринер-10» был первым зондом, который воспользовался так называемым методом гравитационного толчка, или ускорения. Он стартовал в ноябре 1973 года, пролетел мимо Венеры в феврале следующего года и совершил первое рандеву с Меркурием в марте 1974-го.

Вторая встреча произошла в сентябре 1974 года, а третья — в марте 1975-го, но к этому вре-

мени бортовое оборудование начало давать сбои, и контакт с зондом был утрачен 24 марта. Несомненно, зонд по-прежнему вращается по орбите вокруг Солнца и периодически сближается с Меркурием, но у нас нет надежды снова найти его.

Зонд хорошо справился со своей задачей и передал на Землю превосходные фотографии гор, долин и кратеров на Меркурии, а также



Маршрут «Маринера-10»

одной огромной кольцевой формации, которую называли Бассейном Тепла (Caloris Basin); обнаружены также эскарпы и «межкратерные долины», не похожие на что-либо, обнаруженное на Луне.

При каждом проходе зонда наблюдались одни и те же области, и мы по-прежнему не можем нанести на карту около половины всей поверхности Меркурия, но нет оснований полагать, что неведомые области чем-то отличаются от доступных для «Маринера-10».

Наиболее впечатляющей структурой является Бассейн Тепла, имеющий более 800 миль в поперечнике.

Наблюдатель, расположенный в его центре, будет видеть Солнце прямо над головой, когда Меркурий находится в перигелии, а температура там порядка 430°C. Фактически, в Бассейне Тепла так же жарко, как в любом другом открытом месте на Меркурии, и даже закаленный космический капитан чувствовал бы себя довольно неуютно, если бы ему пришлось приземлиться там для мелкого ремонта. С другой стороны, на дне всегда затененных кратеров стоит почти космический холод, и недавние радарные исследования дали основание для предположений, что там есть настоящий лед. Как и гипотеза о полярных кратерах Луны, это предположение кажется мне малоубедительным.

«Маринер-10» подтвердил, что Меркурий является почти безвоздушным миром, и это не удивительно, если вспомнить о низкой скорости убегания и высокой температуре на поверхности планеты. Там есть следы атмосферы, но совер-

шенно не такой, как на Земле, и сильно разреженной, порядка $1/10\ 000\ 000\ 000$ миллибара, что практически соответствует вакууму.

Довольно неожиданным было открытие магнитного поля, и по-видимому, Меркурий обладает сравнительно большим и тяжелым ядром, богатым железом; это ядро может быть даже крупнее, чем весь шар Луны.

Совершенно очевидно, что на Меркурии не может быть никакой жизни. Отправка следующих зондов на эту планету до сих пор не финансировалась, а шансы организации любой пилотируемой экспедиции туда в обозримом будущем представляются ничтожными.

Следующая планета, Венера, во многих отношениях сильно отличается от Меркурия. По размеру и массе она почти равна Земле, а ее скорость убегания немного меньше земной, поэтому теоретически можно было ожидать, что Венера обладает сходной атмосферой, но, к сожалению, это не так. Задолго до начала космической эпохи было известно, что плотный облачный покров Венеры постоянно скрывает от нас ее поверхность. На Венере просто не может быть солнечных дней!

Несколько десятков лет назад Венеру традиционно называли «планетой загадок», хотя она является нашим ближайшим соседом в Космосе, если не считать Луны, а также случайных комет и астероидов. Мы даже не знали период осевого вращения планеты. Предполагалось, что он может быть синхронным, то есть таким же, как орбитальный период, составляющий 224,7 земных дня. Тогда одно полушарие Вене-

ры должно быть постоянно освещенным, а другое — вечно погруженным во тьму. Эффект либрации практически отсутствует, так как орбита Венеры очень близка к окружности.

С развитием спектроскопических методов появилась возможность анализа внешних слоев венерианской атмосферы. Было обнаружено, что главным компонентом является углекислый газ, а поскольку это один из тяжелых газов, который обычно опускается вниз, было естественно предположить, что двуокись углерода составляет большую часть атмосферы, вплоть до уровня поверхности. Поскольку это вещество вызывает парниковый эффект, задерживая солнечное тепло в атмосфере, то предполагалось, что на Венере постоянно бушуют сильные бури.

Однако мнения разошлись. Появилась теория, согласно которой венерианские облака содержат огромное количество воды. Утверждалось даже, что поверхность планеты может быть в значительной мере покрыта водным океаном; в таком случае, атмосферный углекислый газ должен был смешиваться с водой, образуя целые моря содовой газировки.

Другая любопытная теория проводила параллель между нынешними условиями на Венере и условиями на Земле, существовавшими 200 миллионов лет назад, во время накопления каменноугольных отложений. Тогда на Венере должны существовать болота, пышная голосеменная растительность, а также примитивные формы жизни — например, гигантские стрекозы. Все это означало, что Венера во многом повторяет Землю в своем развитии.

Изучение верхних слоев венерианской атмосферы позволяло узнать мало новых подробностей, а появляющиеся время от времени расплывчатые тени на облачном покрове не могли дать ясного представления о периоде вращения планеты, хотя некоторые французские астрономы утверждали, что он равен примерно четырём земным дням, а само вращение является ретроградным — то есть происходит с востока на запад.

Слабое свечение на ночной стороне планеты в фазе полумесяца, наблюдаемое большинством астрономов и названное «пепельным светом», представляло другую проблему. Мало кто мог согласиться с немецким астрономом XIX века Францем фон Паулем, предположившим, что свечение может быть вызвано праздничной иллюминацией, когда местные жители устраивают фейерверки в честь избрания нового императора Венеры, но никто не давал удовлетворительного объяснения.

В 1962 году американский зонд «Маринер-2» миновал Венеру на расстоянии менее 22 000 миль и дал нам первую надёжную информацию. Поверхность планеты оказалась очень горячей. Теперь мы знаем, что максимальная температура превышает 500° — это даже выше, чем на Меркурии. Атмосфера на самом деле состоит из почти чистого углекислого газа, а давление на поверхности примерно в 90 раз превышает давление земной атмосферы на уровне моря.

У Венеры нет магнитного поля, которое определялось бы нашими приборами, а светящиеся облака содержат значительное количест-

во серной кислоты. Период осевого вращения составляет 243 дня, что больше венерианского года, и оно действительно является ретроградным.

Французы были по-своему правы: верхний слой облаков совершает полный оборот за четыре дня, и здесь мы имеем дело с классическим случаем так называемой суперротации. От идеи о теплой планете, покрытой водным океаном, пришлось отказаться навсегда.

Русские сделали следующий шаг вперед. Их автоматические зонды смогли передать фотографии прямо с поверхности — сначала от «Венеры-7», в декабре 1970 года, просуществовавшей почти полчаса, прежде чем умолкнуть, (предыдущие «Венеры» были буквально раздавлены при спуске через мощные нижние слои планетной атмосферы).

Трудно представить сцену, более враждебную для человека: каменистый выжженный ландшафт, похожий на «дневную Москву в облачный зимний день», согласно цитате из официального советского источника. Скалы оранжевые, так как они отражают облачный свет, и на поверхности почти нет ветра, выше в атмосфере должны идти кислотные дожди, которые испаряются, не успев достигнуть поверхности.

Однако главная информация поступила от космических зондов, которые были помещены на замкнутую орбиту вокруг Венеры и изучали ее поверхность с помощью радаров. Последний из этих зондов, «Магеллан», старто-

вал в 1989 году и продолжал передавать информацию до 1994 года.

Венера — это мир равнин, низменностей и возвышенностей. Огромные пологие равнины занимают 60% ее поверхности, а возвышенности лишь 8%. Есть два крупных плато: Земля Иштар в северном полушарии и Земля Афродиты большей частью в южном полушарии. Земля Афродиты примерно соответствует по размеру земной Африке, в то время как Землю Иштар можно сравнить с Австралией. Существуют также возвышенности меньшего размера, особенно регион Бета, где был обнаружен массивный щитовой вулкан (гора Рея), который вполне может извергаться в настоящее время. Другой предположительно активный регион, соседний с Землей Афродиты, получил название Хвост Скорпиона.

В геологическом отношении ситуация на Венере заметно отличается от земной. Земная кора разделена на большие плиты, дрейфующие над горячей мантией. Вулкан, возникающий над «горячей точкой» на границе плиты, остается активным лишь в том случае, если под ним происходят периодические движения земной коры. Мауна-Кеа, один из главных вулканов на Гавайских островах, сместился в сторону от активной зоны и давно является потухшим. Его место теперь занимает другой щитовой вулкан, Мауна-Лоа, проявляющий большую активность. На Венере нет таких же тектонических плит и не наблюдается систематического движения коры, поэтому возникший вулкан может оставаться над своей «горячей точкой» в течение

очень долгого времени, в результате чего вырастает до поистине огромных размеров.

На радарных картах можно видеть много деталей венерианского рельефа. Кратеры присутствуют в большом количестве, и некоторые из них имеют значительные размеры — более 150 миль в диаметре. Есть горные хребты, долины и странные вулканические структуры, которые сверху похожи на грибные шляпки. Можно видеть также любопытных «арахноидов»* — кольцевые вулканические структуры, окруженные сложной системой трещин и расщелин. Другие кольцевые структуры в низменных областях характеризуются пересекающимися хребтами и желобами. Их называли «паркетными зонами», но название было признано ненаучным, и теперь они официально известны как «мозаичные структуры» (*tesserae*)**. Глубочайшее ущелье, Бездна Дианы в Земле Афродиты, имеет глубину более одной мили, в то время как высочайшие пики гор Максвелла, примыкающие к Земле Иштар, поднимаются на высоту более шести миль.

Очевидно, что детали венерианского рельефа нужно было как-то назвать. Для корректности было решено, что все названия должны быть женского рода. Так на Венере появились Найтингейл, Елена, Гвиневра и другие знакомые имена, а также много незнакомых, таких, как Кетцальпетлаль, Аль-Тамурийя, Эркслибен и Цяо Хань. (Если вам интересно, то

* Паукообразных (лат.). — Прим. пер.

**От *tessera* (лат.) — мозаика. — Прим. пер.

Кетцальпетлаль — это ацтекская богиня плодородия, Аль-Тамурийя — египетская поэтесса, Эркслибен — немецкая исследовательница, а Цяо Хань — китайская писательница). Единственное мужское имя дано в честь великого шотландского математика Джеймса Клерка Максвелла. Оно уцелело, так как появилось до ратификации официального указа.

Почему Венера так не похожа на Землю? Ответ лишь в том, что она находится ближе к Солнцу. Возможно, на раннем этапе существования Солнечной системы Солнце было менее ярким, чем сейчас, и Земля с Венерой развивались во многом одинаково, но когда излучение Солнца усилилось, положение изменилось. Земля, расположенная за 93 000 000 миль от Солнца, смогла избежать беды, но Венеру (67 000 000 миль) ждала печальная участь: океаны выкипели, карбонаты были выведены из состава горных пород, и за сравнительно короткое время, по космическим меркам, Венера превратилась из потенциально обитаемой планеты в сегодняшнее раскаленное пекло. Любая жизнь, которая могла зародиться там, была безжалостно уничтожена.

Мысль о том, что если бы Земля была расположена на двадцать миллионов миль ближе к Солнцу, то с ней случилось бы то же самое, оказывает весьма отрезвляющее воздействие.

Нет сомнения, что в будущем автоматические зонды проведут новые исследования Венеры и даже совершат посадку на поверхность планеты, но пилотируемых экспедиций не будет.

Предполагалось, что мы могли бы постепенно «засеять» атмосферу Венеры, разложив углекислый газ и серную кислоту на составные компоненты, чтобы выпустить свободный кислород, но в настоящий момент это находится далеко за пределами наших возможностей.

Фактически, чем больше мы узнаем о Венере, тем менее привлекательной она выглядит, так что теперь мы с некоторым облегчением можем перейти к следующей планете, Марсу.

Марс больше похож на Землю, чем любая другая планета. Он гораздо меньше по размеру и менее массивен, а низкая скорость убегания (чуть более трех миль в секунду) означает, что планета утратила большую часть атмосферы, которую когда-то могла иметь. Остатки состоят в основном из углекислого газа, но его недостаточно для создания парникового эффекта, как на Венере, поэтому на Марсе очень холодно.

Летом в полдень на экваторе столбик термометра может подняться над точкой замерзания, но ночью стоит ледящий холод — гораздо холоднее, чем полярной ночью на Земле, — так как разреженная атмосфера очень плохо удерживает тепло.

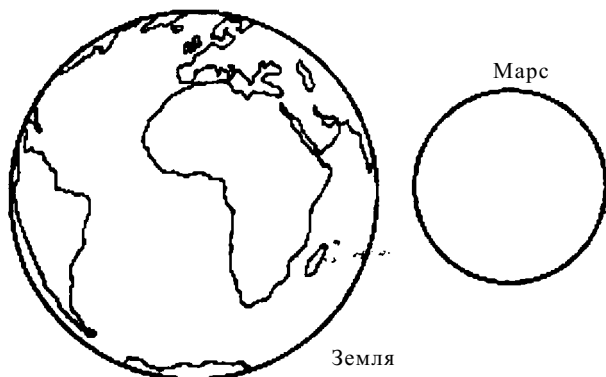
Давление на поверхности планеты нигде не превышает десять миллибар, что соответствует неплохому лабораторному вакууму.

У будущих марсианских колонистов определенно нет никакой надежды ходить по поверхности планеты лишь в теплом костюме и с кислородной маской.

Период осевого вращения Марса примерно на полчаса больше нашего, поэтому марсианский Год состоит из 668 «дней». Наклон оси планеты почти такой же, как у Земли, и времена года на Марсе меняются сходным образом. Однако есть одно важное отличие.

Марс имеет заметно вытянутую орбиту, и расстояние между ним и Солнцем меняется от свыше 150 000 000 миль до менее 130 000 000 миль.

Как и на Земле, в Южном полушарии Марса лето наступает в перигелии, поэтому на юге оно короче и жарче, чем на севере, а зима длиннее и холоднее. Этот эффект сильно выражен, так как на Марсе нет океанов, стабилизирующих температуру. Там вообще не может быть воды в жидком состоянии из-за низкого атмосферного давления — она просто испарится, если не считать слабой возможности ее сохранения на дне глубочайших впадин.



Марс по сравнению с Землей

В телескоп видна красноватая поверхность планеты с темными пятнами и белыми полярными шапками. Шапки состоят из льда, но не такого, как на Земле, поскольку нижняя часть, образованная замерзшей водой, покрыта мощным слоем твердой двуокиси углерода. Как и следует ожидать, размер полярных шапок увеличивается и уменьшается со сменой марсианских сезонов: зимой они очень обширны и заметны, а летом практически исчезают. Размер южной шапки меняется сильнее из-за более резких перепадов температуры в Южном полушарии.

Темные области когда-то считались морями, но вскоре стало ясно, что этого не может быть. Затем было выдвинуто предположение, что темные области являются бывшим океаническим дном, покрытым примитивной растительностью. Они сохраняют неизменную форму; наиболее известной является V-образная структура, ныне называемая Большой Сырт*. Она была отмечена Кристианом Гюйгенсом еще в 1659 году. В XIX веке были составлены марсианские карты и введены различные системы номенклатуры.

Сначала детали рельефа, как и на Луне, назывались в честь знаменитых ученых, но в 1877 году Г. В. Скиапарелли составил новый атлас и предложил свою систему, согласно ко-

* Syrtis Major (лат.) — буквально означает «большая отмель» или «большая подводная скала», обычно в астрономических трудах данное наименование объекта приводится без перевода. Кстати, указанный объект можно наблюдать в самый небольшой телескоп. — Прим. ред.

торой V-образная впадина, наблюдаемая Гюйгенсом и впоследствии названная Морем Кайзера, была переименована в Большой Сырт. Ее можно видеть в домашний телескоп, когда Марс находится в выгодном положении — то есть за один-два месяца до противостояния или после него.

Временами на Марсе бушуют песчаные бури, охватывающие всю планету и скрывающие черты рельефа, но большую часть времени атмосфера сохраняет прозрачность, хотя иногда можно видеть высотные облака, состоящие из мельчайших кристаллов льда.

Именно Скиапарелли впервые составил подробные рисунки линейных структур, которые он назвал *canali* («русла» или «протоки»). При переводе на английский язык это неизбежно превратилось в «каналы», и появилась гипотеза, что мы видим искусственные водные пути, проложенные местными жителями и образующие сложную ирригационную систему. Персиваль Лоуэлл, основатель большой обсерватории в Флагстаффе, штат Аризона, был твердо убежден, что Марс некогда служил домом для великой цивилизации.

Увы, теперь мы знаем, что каналов не существует: это просто обман зрения, не имеющий реальной основы. Единственная планета, где есть каналы на поверхности,— это наша Земля. С другой стороны, вполне допустимо называть охранные области пустынями; это действительно так, хотя они не песчаные, а их цвет обусловлен красноватыми минералами. В сущности, Марс является довольно «ржавым» миром.

До наступления космической эпохи считалось, что Марс может быть приемлемым местом для обитания, с достаточно плотной азотной атмосферой. Наши представления изменились лишь после полета «Маринера-4» в 1965 году. Темные области оказались всего лишь особенностью марсианского альбедо; под красноватым материалом, разносимым ветрами в разреженной атмосфере, скрывается такая же темная поверхность со множеством кратеров, так что рельеф Марса гораздо больше напоминает лунный, чем земной.

Следующие автоматические зонды, такие, как «Маринер-9», перешедший на замкнутую орбиту вокруг Марса в 1972 году, показали наличие гор, каньонов, хребтов, долин, а также массивных вулканов, один из которых — гора Олимп — в три раза выше Эвереста и увенчан пятидесятимильной кальдерой.

Марсианские вулканы вызывают особый интерес у астрономов. Принято считать, что они давно потухли, но мы не можем быть совершенно уверены в этом, и нет сомнений, что в прошлом планета сотрясалась от бурной вулканической деятельности.

Вулканы можно обнаружить в разных областях Марса, но особенно на так называемом плато Тарсис, где есть целая цепочка гигантских вулканов, рядом с которыми наши гавайские пики показались бы крошечными. Есть также глубокие бассейны, один из которых (Эллада) занимает площадь 1370 на 1120 миль. Когда-то считалось, что это плато, покрытое снегом, так как временами область кажется та-

кой яркой, что ее можно ошибочно принять за дополнительную полярную шапку.

На фотографиях, полученных с «Маринера», также видны огромные системы каньонов, значительно превосходящих по размеру наш прославленный Большой Каньон в Колорадо. Есть и характерные детали рельефа, так похожие на сухие речные русла, что, по-видимому, не могут быть ничем иным (не путать с «каналами»!).

Напомню замечание одного знаменитого американского астронома: «Если это выглядит как утка, ходит вразвалочку, как утка, и крикает, как утка, то, может быть, это действительно утка». В таком случае, в отдаленном прошлом на Марсе должна была существовать вода в жидком состоянии, а это означает, что атмосфера была гораздо плотнее, чем сейчас.

Как определить возраст речных русел на Марсе? Принято считать, что они очень древние, но бросается в глаза удивительное отсутствие эрозии.

Мы знаем, что в марсианской атмосфере рассеяно огромное количество пыли, а пыль является мощным абразивным материалом. Существует два объяснения, хотя ни одно из них не получило официального признания.

В настоящее время наклон марсианской оси вращения почти такой же, как у Земли (24° к перпендикуляру), но за 100 000 лет он меняется в пределах от 35° до 14° . Можно предположить, что на определенной стадии прецессионного цикла южный полюс планеты поворачивается к Солнцу. Тогда лед начинает испаряться,

временно уплотняя атмосферу, и появляется вероятность настоящего дождя. С другой стороны, если Марс проходит через периоды интенсивной вулканической деятельности, то может быть, газовые выбросы происходят в достаточном количестве, чтобы увеличить плотность атмосферы. В любом случае, феномен налицо, и он должен иметь какое-то объяснение.

Если условия на Марсе некогда были более благоприятными, чем сейчас, то возможно, что жизнь там начала развиваться, но угасла после того, как климат стал невыносимым для нее. В таком случае, можно ожидать, что в марсианских отложениях будут обнаружены окаменелости, пусть даже очень примитивные.

Вопрос о существовании жизни на Марсе снова привлек интерес астрономов, когда в 1975 году были запущены два зонда серии «Викинг». В их задачу входила управляемая посадка на поверхность планеты и поиск любых следов марсианской жизни, прошлой или нынешней. Каждый зонд состоял из двух частей: орбитальной ступени и спускаемого аппарата. Эти два компонента совершали совместное путешествие от Земли до Марса и разделялись после выхода на орбиту, так что орбитальная ступень продолжала вращаться вокруг планеты и выполняла функцию релейной станции для спускаемого аппарата. «Викинги» были совершенными близнецами, и оба действовали безупречно.

Этот проект потребовал огромных усилий. Если спускаемый аппарат приземлится, скажем, на скальный выступ, то он не сможет

наладить связь с орбитальной ступенью. К счастью, этого не произошло. Разумеется, предполагаемые места для посадки изучались со всей тщательностью; перед разделением орбитальная ступень «Викинга-1» передала на Землю фотографию скалистой формации с необычными эффектами света и тени, создававшими загадочное подобие человеческого лица (нетрудно было предсказать реакцию всевозможных шарлатанов).

Оба «Викинга» совершили мягкую посадку. Один приземлился на «золотой равнине» Хрисеида, а другой — в более северной равнинной местности с неподходящим названием Утопия. С поверхности был собран материал, впоследствии проанализированный на борту зонда, после чего результаты были переданы на Землю.

Марсианская химия оказалась довольно необычной, но никаких следов органической жизни так и не было обнаружено, поэтому сейчас Марс считается стерильным миром. Мы не можем сказать больше, пока не пошлем новый автоматический зонд, способный доставить на Землю образцы марсианской почвы. Есть реальная возможность, что это произойдет в ближайшие несколько лет.

Хотя Марс находится ближе к нам, чем любая другая планета, за исключением Венеры, его не просто «наблюдать» в подробностях, так как в маленький телескоп едва ли можно увидеть что-то, кроме полярных шапок и основных темных областей. Однако владельцы более мощных инструментов могут выполнять очень по-

лезную работу, наблюдая за изменением полярных шапок, а главное — следя за движением облаков и пыльных бурь.

У Марса есть два спутника, открытых Асафом Холлом в 1877 году. Они называются Фобос и Деймос (Страх и Ужас), как звали двух спутников мифологического бога войны. Оба спутника крошечные и имеют асимметричную форму; наибольший диаметр Фобоса составляет менее 20 миль, а Деймоса — менее 10 миль.

Фотографии, полученные с «Викингов» и «Маринеров», показывают, что поверхность спутников покрыта кратерами. Самый крупный кратер на Фобосе, названный кратером Стикни (это была девичья фамилия жены Холла), равен одной четверти диаметра спутника, так что если он образовался в результате метеоритного удара, то Фобосу угрожала опасность разлететься на мелкие кусочки.

Фобос и Деймос находятся очень близко к Марсу. Фобос движется по орбите на расстоянии лишь 3600 миль от поверхности планеты и огибает ее за 7 часов 39 минут. Для марсианского наблюдателя он восходит на западе, пересекает небо с головокружительной скоростью и заходит на востоке лишь через 4,5 часа. Ночью от него мало пользы, как от источника света, и он часто затмевается тенью Марса, а также пересекает солнечный диск более тысячи раз в год (в среднем такое «затмение» длится не более 12 секунд). Расчеты показывают, что орбита Фобоса нестабильна. Он движется вниз по медленной спирали и вполне может рухнуть на планету примерно через 40 000 000 лет.

Деймос (расположен дальше и остается над марсианским горизонтом в течение двух с половиной «дней», но его фазы невозможно увидеть невооруженным глазом, а количество света, которое он отбрасывает на марсианскую поверхность, едва ли может быть большим, чем свет Венеры для земного наблюдателя. В отличие от Фобоса, он имеет стабильную орбиту.

Остается мало сомнений в том, что Фобос и Деймос являются бывшими астероидами. С ними связана довольно любопытная история. В знаменитых «Путешествиях Гулливера» Джонатан Свифт поведал о том, как астрономы на летающем острове Лапута обнаружили два марсианских спутника, один из которых имел орбитальный период короче одного планетарного «дня».

Впоследствии комментаторы ухватились за это описание и стали утверждать, будто Свифт все знал о спутниках Марса еще в то время, когда не существовало достаточно мощных телескопов, чтобы увидеть их. На самом деле, есть одно простое объяснение. У Венеры вообще нет спутников, у Земли один спутник, а у следующего за Марсом Юпитера целых четыре спутника (известных в то время); так разве может Марс обойтись меньше чем двумя спутниками?

Уже разрабатываются планы отправки первой пилотируемой экспедиции на Марс, и, по некоторым прогнозам, она может состояться не позднее 2020 года. Возможно, это звучит слишком оптимистично, но по крайней мере мы

уверены, что Марс будет первой планетой Солнечной системы, куда ступит человеческая нога, и не исключено, что «первый человек на Марсе» уже появился на свет. Путешествие на Марс сейчас кажется гораздо менее неправдоподобным, чем путешествие на Луну в конце Второй мировой войны.

Тем временем Марс открыт для изучения. Смотрите на него в телескоп, когда у вас есть время и возможности для наблюдения; вы увидите белые полярные льды, темные области и охряные пустыни. Вы также можете увидеть облака, но, увы, не найдете на Марсе никаких каналов.

ВНЕШНИЕ ПЛАНЕТЫ

Далеко за орбитой Марса и главным поясом астероидов мы встречаем четырех гигантов: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Их часто обсуждают вместе, и во многих отношениях это логично, хотя пара Юпитер — Сатурн сильно отличается от пары Уран — Нептун, и каждая планета обладает собственными уникальными характеристиками. Разумеется, Юпитер является крупнейшей планетой, и кто-то даже сказал, что Солнечная система состоит из Солнца, Юпитера и кучки прочего мусора. Но к другим планетам не стоит относиться свысока: даже Уран, наименее массивный из этой четверки, «весит» в четырнадцать раз больше Земли.

Юпитер, названный в честь верховного олимпийского божества, является настоящим великаном по планетарным меркам, но никак не «звездой-неудачницей», как ранее предполагалось. Обычная звезда сияет из-за ядерных реакций, происходящих глубоко внутри нее, как уже говорилось в главе, посвященной Солнцу. Для запуска гелиево-водородной реакции температу-

ра должна достигать $10\,000\,000^\circ$, но Юпитер, несмотря на свои размеры, все же в тысячу раз меньше Солнца, и температура в его ядре не может превышать $50\,000^\circ$ (возможно, $30\,000^\circ$ будет более точной оценкой). Этого совершенно недостаточно для начала ядерной реакции; чтобы Юпитер стал звездой, его масса должна увеличиться, по меньшей мере, в десятки раз.

Однако Юпитер действительно излучает больше энергии, чем можно ожидать, если бы он лишь отражал солнечные лучи. Есть два возможных объяснения этого феномена.

Шар Юпитера может постепенно сжиматься, высвобождая гравитационную энергию, но скорость сжатия слишком мала, и ее невозможно измерить с Земли. Однако более вероятно, что Юпитер просто не успел растерять все тепло, приобретенное во время образования из солнечной туманности в период между пятью и четырьмя миллиардами лет назад.

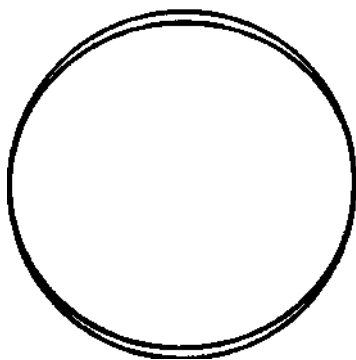
Посмотрите на Юпитер в телескоп (даже в хороший бинокль), и вы увидите желтоватый, слегка сплюснутый диск, пересеченный темными полосами, которые называются облачными поясами. Уплотненность Юпитера имеет простое объяснение.

Хотя юпитерианский «год» почти в 12 раз длиннее нашего, планета вращается очень быстро, и день на Юпитере длится менее десяти часов. Как и в случае с Солнцем, здесь мы имеем дело с дифференциальным вращением. Средний экваториальный период равен 9 часам 50 минутам 30 секундам, а в остальной части планеты он примерно на пять минут дольше, но

отдельные элементы Юпитера имеют собственную скорость вращения и дрейфуют по широте. Экваториальные регионы отчетливо выпуклые: диаметр по экватору составляет 89 420 миль, в то время как полярный диаметр составляет лишь 83 100 миль. (Кстати, разница между экваториальным и полярным диаметром Земли составляет 27 миль, но Земля, в отличие от Юпитера, является твердым телом.)

Очевидно, что мы можем видеть лишь самый верхний слой юпитерианских облаков. Когда мы пытаемся исследовать нижние слои, нам приходится полагаться на теоретические знания.

Лишь в 1920-х годах было окончательно установлено, что Юпитер не является карликовой звездой. Согласно современным моделям, он имеет горячее ядро, богатое железом и силикатами, окруженное мощными слоями жидкого водорода. Вблизи ядра давление так велико, что

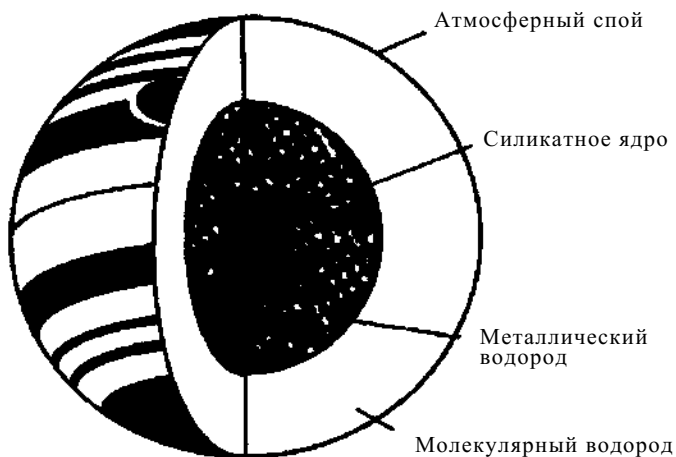


Уплющенность Юпитера

водород приобретает характеристики металла, но выше он переходит в жидкое состояние. Над этим слоем расположена «атмосфера» мощностью не менее 600 миль, хотя когда имеешь дело с такой планетой, как Юпитер, нелегко разобраться, где заканчивается атмосфера и начинается основное тело планеты; переход должен быть постепенным.

По всей видимости, верхние облака состоят из аммиачного льда. Под ними расположен слой гидросульфида аммония — резко пахнущего вещества, состоящего из аммиака и сероводорода. Еще глубже находится слой ледяных кристаллов или даже воды с довольно приемлемой по земным меркам температурой.

Разумеется, атмосфера Юпитера состоит в основном из водорода, который образует более 80% массы планеты. Спектральный анализ



Структура Юпитера

показывает наличие водородных соединений, таких, как метан и аммиак. Вторым важнейшим компонентом юпитерианской атмосферы является гелий.

Знаменитые темные полюса определяют облик Юпитера. Несколько четких поясов можно видеть даже в очень слабый телескоп. На рисунке (см. ниже) показана общепринятая номенклатура. Северный экваториальный пояс всегда хорошо заметен; южный экваториальный пояс отличается большей изменчивостью и иногда исчезает на короткие интервалы. Область между этими двумя поясами вращается быстрее всего и называется Системой I, в то время как остальная часть планеты образует Систему II.



Номенклатура Юпитера

Наряду с поясами и яркими зонами на диске Юпитера видны точки, мазки и фестоны, большинство которых заметно меняет свой облик уже через несколько оборотов планеты.

Наиболее известной особенностью Юпитера является Большое красное пятно, впервые отмеченное в XVII веке и с тех пор изучаемое астрономами. Его наибольшая длина составляет 30 000 миль при ширине 6000 миль, так что площадь его поверхности превышает земную.

Временами Красное пятно имеет четко выраженный красный оттенок, а иногда кажется сероватым. Даже в худших условиях наблюдения его положение можно установить по деформации границ примыкающих поясов. Пятно слегка дрейфует по долготе, но его широта почти не меняется.

До полетов автоматических зондов никто не знал точно, что представляет собой Большое красное пятно. Идея о раскаленном вулкане, вознесшемся над толщей облаков, была давно отвергнута, но часто утверждалось, что пятно является плотным или полужидким телом, плавающим в плотной атмосфере Юпитера и временно исчезающим за облаками.

Благодаря полученной информации теперь мы знаем, что пятно — это штормовая зона, стабильный феномен юпитерианской «погоды». Оно вращается против часовой стрелки за период 11 дней и оказывает значительное воздействие на процессы, происходящие в Южном полушарии Юпитера. Цвет пятна до сих пор представляет собой определенную загадку, но он может быть обусловлен соединениями фосфора.

Юпитерианская химия вообще изобилует яркими красками, которых нет на других планетах-гигантах.

В июле 1994 года произошло драматическое событие: комета Шумейкера — Леви-9 врезалась в Юпитер. Комета имеет такое название, потому что она была девятым открытием, сделанным совместно двумя профессиональными астрономами, Юджином и Кэролайн Шумейкер, и одним любителем, Дэвидом Леви. Ее ядро уже было расколото во время первого близкого прохода мимо Юпитера и распалось на цепочку из двадцати с лишним фрагментов, поочередно упавших на поверхность Юпитера между 16 и 22 июля.

Разумеется, астрологи и предсказатели конца света подняли крик, обещая скорую гибель и разрушение, а астрономы гадали, удастся ли им вообще увидеть какие-то последствия. Впрочем, результаты ударов были весьма зрелищными, и в течение некоторого времени облик Юпитера стал почти незнакомым — с черными пятнами в полярных областях Южного полушария, где упали фрагменты кометы. В атмосфере планеты бушевали бури, иногда на площади, превышающей земную.

Понадобятся годы, чтобы полностью проанализировать результаты столкновения и уже полученную информацию о составе юпитерианских облаков. Несомненно, подобные события много раз происходили в прошлом, но впервые «самоубийство кометы» можно было наблюдать в реальном времени, и меня очень удивит, если

мы увидим что-то похожее в ближайшем будущем.

В 1950-е годы было обнаружено, что Юпитер является источником радиоволн. Существовало негласное убеждение, что планета должна обладать сильным магнитным полем, но действительно надежная информация была получена лишь после запуска «Пионеров» и «Вояджеров». Зонды «Пионер-10» и «Пионер-11» были запущены в 1972 и 1973 годах и миновали Юпитер после почти двухлетнего путешествия. Хотя их миссия была успешной, «Вояджеры» затмили ее несколько лет спустя. Именно от «Вояджеров» мы получили большую часть детальной информации о Юпитере.

«Вояджер-2» стартовал 20 августа 1977 года и миновал Юпитер 8 июля 1979 года на расстоянии 440 000 миль. «Вояджер-1» начал свое путешествие немного позднее, 5 сентября 1977 года, но летел по более экономному маршруту и прошел мимо Юпитера 5 марта 1979 года на минимальном расстоянии 217 000 миль. Это было немного рискованно, так как «Пионеры» подтвердили наличие на Юпитере зон сильной радиации; совершенно очевидно, что любой безрассудный астронавт, который приблизится к невинным юпитерианским облакам хотя бы на расстояние 100 000 миль, погибнет очень быстро и мучительной смертью от лучевой болезни. Оба «Вояджера» были запрограммированы на максимально быстрый облет экваториальных регионов планеты, где опасность наиболее велика.

Был проведен тщательный анализ облаков, подтвердивший уже имевшуюся модель внутреннего строения планеты. Стало совершенно ясно, что Юпитер представляет собой мир хаоса: там бушуют нескончаемые грозы с громами и молниями.

На ночной стороне планеты были зарегистрированы многочисленные зарницы. Более того, «Вояджеры» показали, что у Юпитера есть кольца, хотя они темные, нечеткие и ничуть не напоминают величественную кольцевую систему Сатурна.

Следующее «столкновение» с Юпитером было рукотворным. Зонд «Галилей» стартовал 17 октября 1989 года и по довольно замысловатому маршруту достиг Юпитера 7 декабря 1995 года. Аппарат состоял из двух частей, орбитальной ступени и атмосферного зонда, которые разделились задолго до прибытия. Зонд погрузился в юпитерианские облака на скорости более 196 000 миль в час и передавал сигналы в течение 57 минут, пока не отказала автоматика.

Ученые столкнулись с несколькими сюрпризами, главным из которых было отсутствие ожидаемого водного слоя. Тем временем орбитальная ступень «Галилея» перешла на замкнутую орбиту вокруг планеты и начала передавать информацию не только о самом Юпитере, но и о его спутниках, которые оказались еще более интересными объектами, чем предполагали астрономы до начала космической эпохи.

Галилей со своим примитивным телескопом наблюдал четыре главных спутника Юпитера в

1610 году, поэтому они известны как «спутники Галилея», хотя на самом деле не он первым видел их в телескоп. Пальма первенства принадлежит его современнику Симону Мариусу, который и назвал спутники: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто*. Они видны в любой телескоп, а также в хороший бинокль, но люди с действительно острым зрением могут увидеть Ганимед невооруженным глазом; он был описан древнекитайским астрономом Гань Да еще в 364 году до н. э.

Все главные спутники имеют планетарные размеры. Ганимед и Каллисто значительно больше нашей Луны, а Ганимед даже больше Меркурия, менее массивен и не имеет следов атмосферы. Ио немного крупнее Луны, а Европа немного уступает ей в размерах.

До получения информации от автоматических зондов существовало негласное убеждение, что «спутники Галилея» представляют собой инертные ледяные тела, покрытые кратерами и совершенно безжизненные. По отношению к Каллисто и Ганимеду это достаточно верно, но Европа оказалась гладкой, как бильярдный шар, со странными мелкими трещинами, превращающими ее поверхность в настоящий кошмар для картографа. Происхождение этих трещин остается неясным. Были выдвинуты предположения, что под ледяной поверхностью может находиться океан жидкой воды с примитивны-

* Действительно, Мариус увидел спутники за 10 дней до Галилея, но не придал увиденному значения, приняв их за простые звезды. Галилей же сразу идентифицировал их как спутники Юпитера. — Прим. ред.

ми формами жизни, но все это представляется маловероятным, и Европа пока хранит свои тайны.

Если Европа озадачивает нас, то на Ио происходят поистине драматические события. Здесь мы имеем красную сернистую поверхность с бурно извергающимися вулканами. Кто-то сказал, что поверхность Ио похожа на итальянскую пиццу: там есть обширные лавовые поля и горячие жерла вулканов с кальдерами, наполненными черной лавой, извергающейся при температуре примерно 350° , что на сотни градусов выше средней температуры поверхности спутника. Судя по всему, лава состоит из расплавленных силикатов, а не из жидкой серы, как предполагалось ранее. Изверженный материал рассеивается по орбите вокруг Ио. Спутник связан с Юпитером мощным электрическим полем, и это не удивительно, поскольку уже давно было известно, что положение Ио на орбите оказывает заметное воздействие на радиоизлучение Юпитера.

Странно, что Ио проявляет такую активность, хотя Европа и остальные спутники совершенно инертны. Официальная теория гласит, что внутренние области Ио «разжижаются» гравитационным воздействием Юпитера и других спутников, поэтому там поддерживается высокая температура. Извержения происходят постоянно: оба «Вояджера» зарегистрировали их, а сейчас их можно наблюдать даже с орбиты Земли.

Атмосфера на Ио практически отсутствует — строго говоря, ее вообще нельзя считать атмосферой, а поскольку спутник движется через

зону наиболее мощного воздействия юпитерианской радиации, его можно назвать наиболее смертоносным миром в Солнечной системе.

Другие двенадцать спутников очень малы. Амальтея, открытая Э. Э. Барнардом в 1892 году, была сфотографирована «Вояджерами». Это красноватое асимметричное тело с наибольшим диаметром 163 мили; цвет может быть обусловлен поглощением вулканического материала, выброшенного за пределы Ио.

Три крошечных спутника движутся между планетой и орбитой Ио, а за Каллисто есть еще две группы, по четыре спутника в каждой. Из них лишь Гималия, диаметром 156 миль, имеет более или менее значительные размеры.

Четыре внешних спутника вращаются в противоположном направлении и так далеки от Юпитера, что их орбиты даже отдаленно не напоминают окружности. Нет сомнений, что они происходят из пояса астероидов и были захвачены Юпитером в отдаленном прошлом.

Юпитер предоставляет благодатное поле для наблюдений владельцам маленьких или средних телескопов. Из-за быстрого осевого вращения планеты пятна и другие ориентиры с довольно высокой скоростью перемещаются по диску; сдвиги можно заметить уже через несколько минут.

Составив временной график прохода различных ориентиров через центральный меридиан, можно вычислить их долготу и периоды вращения; сам центральный меридиан легко определить благодаря уплощенности сферы Юпитера.

Оценки доводятся до точных значений меньше чем за минуту.

До недавнего времени именно работа астрономов-любителей давала нам самую лучшую информацию о периодах вращения юпитерианских компонентов, и она по-прежнему остается весьма полезной.

Следующим по порядку от Солнца идет Сатурн — возможно, самый красивый объект в ночном небе.

Невооруженному глазу он представляется достаточно заунывным и имеет облик яркой желтоватой звезды, чей «тусклый» блеск заставил древних назвать ее в честь божества времени (а также отца Юпитера и предыдущего правителя Олимпа). Орбитальный период Сатурна составляет 29,5 года, и следовательно, он движется очень медленно. Один раз определив положение планеты, вы без особого труда снова найдете ее.

По размеру и массе Сатурн уступает лишь Юпитеру. Хотя он имеет тот же основной состав, есть некоторые важные отличия.

Общая плотность Сатурна ниже, чем даже плотность воды, поэтому несмотря на 95-кратное превосходство в размерах над Землей, сила тяготения на поверхности Сатурна лишь в 1,2 раза больше. Сама поверхность газообразна, и главным ее компонентом является водород, а остальная часть атмосферы в основном состоит из гелия. Под облаками находятся глубинные слои жидкого водорода и, наконец, силикатное ядро размером немного больше Земли. Температура внутри ядра может достигать 15 000°, но во

внешних слоях облаков она опускается до -180° . Пояса и яркие зоны видны даже в маленький телескоп, но они хуже выражены, чем на Юпитере, и конечно, на Сатурне нет ничего похожего на Красное пятно.

Планета обладает магнитным полем, гораздо более сильным, чем земное, но далеко не таким мощным, как у Юпитера.

Сатурн вращается быстро, и это означает, что его желтоватый шар заметно сплюснут у полюсов. Наклон оси составляет почти 27° к перпендикуляру, что больше, чем у Юпитера, а магнитная ось и ось вращения почти совпадают.

Редкие выбросы в атмосфере Сатурна имеют форму белых точек. Два таких выброса были отмечены в нынешнем столетии: один в 1933 году (обнаружен опытным астрономом - любителем У. Т. Хэем), а другой в 1990 году. Оба выброса были хорошо заметны и продолжались в течение длительного времени. Несомненно, они были следствием мощных атмосферных процессов, происходивших под облачным слоем Сатурна.

До сих пор к Сатурну были отправлены три автоматических зонда. Первый из них, «Пионер-11», сначала миновал Юпитер (1974 г.), а дальнейший полет к Сатурну происходил более или менее наудачу.

«Пионер-11» передал фотографии хорошего качества, но главные результаты поступили от «Вояджеров»; оба полета завершились поразительным успехом. «Вояджер-1» сблизился с Сатурном на 78 000 миль 12 ноября 1980 года,

а «Вояджер-2» пролетел мимо на расстоянии лишь 63 000 миль 25 августа 1981 года. По крайней мере, опасность радиации была гораздо меньшей, чем при сближении с Юпитером, так как известно, что радиационные зоны Сатурна заметно слабее.

Были получены превосходные панорамные снимки сферы Сатурна — но разумеется, его главную славу обеспечивают кольца, состоящие из огромного количества ледяных частиц, вращающихся вокруг планеты на манер крошечных спутников.

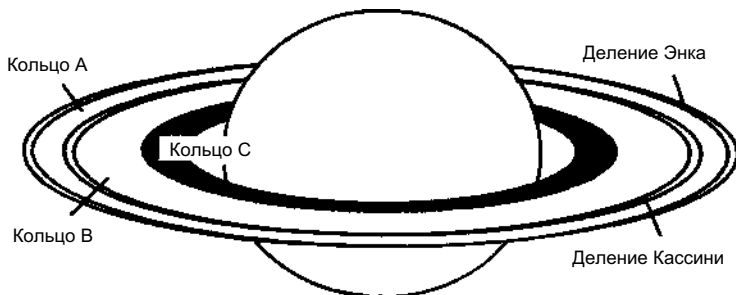
Существование твердого или жидкого кольца невозможно даже теоретически, поскольку оно вскоре было бы разрушено мощным тяготением Сатурна.

Существуют два главных кольца, А и В, отделенные друг от друга так называемым делением Кассини*, в честь итальянского астронома, впервые открывшего его в 1675 году, в Парижской обсерватории. (У Кассини были проблемы в Париже. Французский король настаивал на том, что при строительстве новой обсерватории следует исходить из соображений архитектурной привлекательности, а не функциональности, и в результате ночное небо во многих местах заслонили причудливые башенки и другие строения. Доведенный до отчаяния, Кассини перенес свои телескопы на улицу и пользовался ими под открытым небом.)

* В научно-популярной литературе встречается название «щель Кассини». — Прим. пер.

Во внешнем кольце А есть более узкий раздел, впервые описанный Дж. Ф. Энке в 1837 году. Между главными кольцами и планетой существует более тусклое полупрозрачное кольцо, официально называемое кольцом С, но чаще известное под названием Сумеречного кольца, или Траурной Вуали.

Кольца Сатурна имеют форму, близкую к окружности, но с Земли они кажутся эллиптическими из-за угла наблюдения. В наиболее выгодном положении, как это было в начале 1990-х годов, они были превосходно видны даже в маленький телескоп. Деление Кассини тоже легко увидеть, а с помощью 6-дюймового телескопа можно наблюдать деление Энке и Сумеречное кольцо. Однако когда система колец поворачивается под острым углом, как это было в 1995 году, они видны лишь как тонкая светлая линия, а когда Земля и Солнце оказываются на одной линии с кольцами, их можно различить лишь в самые мощные телескопы.



Кольца Сатурна

Диаметр кольцевой системы Сатурна составляет 169 000 миль, но толщина колец не превышает полмили.

Результаты, полученные с «Вояджеров», показывают, что кольцевая система имеет гораздо более сложное строение, чем ожидалось. Существуют сотни тонких колец и узких разделов. Тончайшие кольца существуют даже в делениях Кассини и Энке; в последнем содержится крошечный спутник, названный Паном. Наиболее яркое кольцо В имеет странные радиальные «спицы», вероятно, приподнятые над основной плоскостью магнитными силами. «Вояджеры» также обнаружили несколько тусклых колец за пределами главной системы, которые невозможно разглядеть с помощью земных телескопов.

Сатурн обладает богатой семьей спутников. Точно известно о восемнадцати и предполагается существование еще нескольких. Лишь один из них (Титан) имеет внушительные размеры, еще семь сравнительно велики, а остальные являются настоящими карликами. Титан занимает особое положение среди планетных спутников, так как имеет плотную атмосферу. Анализ, проведенный «Вояджером-1», показал, что она состоит в основном из азота с незначительной примесью метана. Поверхность Титана нельзя было разглядеть даже с «Вояджеров», так как ее скрывают мощные слои оранжевого «смога». Мы до сих пор не имеем точного представления о том, как она выглядит. Там может быть множество прудов, наполненных такими химическими веществами, как этан или метан,

но температура (около -168°) слишком низка для существования любых форм земной жизни. Интересно заметить, что эта температура близка к «тройной точке» метана, поэтому он может существовать там в жидком, твердом и газообразном состоянии — точно так же, как вода может существовать на Земле в виде льда, жидкости или водяных паров. Возникает искушение изобразить утесы твердого метана, озера жидкого метана и метановый дождь, падающий из оранжевых облаков в азотном небе! Мы узнаем больше в 2004 году, когда космический зонд, названный в честь Кристиана Гюйгенса, открывшего Титан в 1655 году, совершит управляемую посадку на поверхности спутника. По крайней мере, мы можем быть уверены, что Титан не похож ни на один другой мир в Солнечной системе.

Семь спутников среднего размера покрыты льдом и испещрены кратерами, как можно видеть на фотографиях, полученных с «Вояджера». Поперечник одного огромного кратера на Мимасе составляет одну третью часть всего спутника. На Энцеладе есть гладкие поверхности, почти свободные от кратеров, что может указывать на геологические процессы, происходившие в недавнем прошлом. Тетис, судя по всему, состоит почти из чистого льда; на поверхности Дионы наблюдаются странные «клочковатые» образования и кратеры, а изборозженная метеоритными шрамами поверхность Реи имеет весьма древний облик. Форма Гипериона похожа на гамбургер: его наибольший диаметр составляет 224 мили, а орбитальный период —

немногим более одного дня, но период вращения нестабилен и в настоящее время составляет около тринадцати дней.

Япет представляет особый интерес, поскольку он сияет гораздо ярче, когда находится к западу от Сатурна, по сравнению с противоположным положением к востоку от планеты. Это происходит потому, что осевой период вращения не совпадает с орбитальным периодом (79 дней), а полушария спутника имеют разную отражающую способность: одно льдистое и яркое, а другое темное, как грифельная доска. Во время западной элонгации к нам всегда повернуто более яркое полушарие, и Япет можно наблюдать даже в маленький телескоп, но во время восточной элонгации спутник почти не заметен. Поскольку средняя плотность Япета не превышает плотность воды, мы можем не сомневаться, что он большей частью состоит из льда, а темная оболочка на одном из его полушарий является обычным пятном — хотя мы не имеем понятия, что это такое и почему только Япет обладает этой необычной особенностью.

Два малых внутренних спутника — Янус и Эфимет — представляют определенный интерес, потому что они движутся по почти одинаковым орбитам. Судя по всему, это части более крупного спутника, распавшегося на отдельные фрагменты; они имеют ярко выраженную асимметричную форму, которую можно видеть на фотографиях с «Вояджера». Периодически они сближаются друг с другом и «меняются орбитами», словно исполняя какой-то космический менуэт. Внешний спутник, Феба, удален от

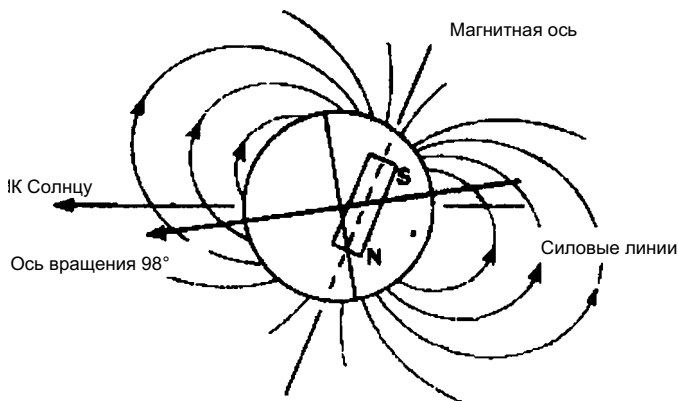
Юпитера более чем на 8 000 000 миль и движется по ретроградной орбите, так что, скорее всего, он имеет астероидное происхождение.

На Сатурн всегда стоит посмотреть — отчасти из-за его красоты, но еще и потому, что всегда существует возможность обнаружить новую белую точку атмосферного выброса. Наблюдать за Сатурном удобно еще и потому, что планета медленно изменяет свое положение, даже при большом увеличении. В 6-дюймовый телескоп можно увидеть Рею, Япет (в лучшее время), Диону, Тетис, а также Титан. Последний является наиболее легким объектом для наблюдения, и его можно увидеть в хороший бинокль.

За Сатурном расположены две внешние планеты-гиганта, открытые не так давно. Уран был открыт в 1781 году Вильямом Гершелем, а Нептун — в 1846 году Иоганном Галле и Генрихом Д'Аррестом, наблюдавшим небесную позицию, рассчитанную французским математиком Урбенom Лаверье. Эти планеты являются почти близнецами по массе и размерам. Их диаметр составляет около 31 000 миль; Нептун немного меньше, но он плотнее и более массивен. Обе планеты состоят преимущественно из «льдов» с богатой водородом газообразной атмосферой, образующей видимую поверхность, доступную для наблюдения.

Несмотря на свое сходство, в некоторых отношениях эти две планеты очень различны. У Нептуна имеется мощный внутренний источник тепла, которого нет у Урана; ось вращения Нептуна наклонена под углом менее 30°, а

наклон оси вращения Урана составляет 98° , так что время от времени к Солнцу бывает обращен то один, то другой полюс планеты. Календарь на Уране показался бы нам, мягко говоря, очень странным.



Магнитное поле Урана

Даже фотографии с «Вояджера-2» дали очень мало подробностей о строении Урана, зато Нептун оказался гораздо более динамичной планетой. Он имеет одну заметную особенность, названную Большим темным пятном, и обладает красивой голубой поверхностью, образованной высотными облаками из кристаллов метана. У обеих планет есть примитивные кольцевые системы, состоящие из темных частиц и больше похожие на систему Юпитера, чем Сатурна. Обе они испускают радиоизлучение, хотя их магнитные оси сильно расходятся с осями и даже не проходят через центр планетной сферы.

Спутниковые системы тоже различны. У Урана пятнадцать спутников, из которых лишь пять были известны до полета «Вояджера-2»; даже Титания, самый большой из них, имеет диаметр менее 1000 миль. Все они состоят из льда, а Миранда — наименьшая из «первой пятерки» — отличается необычно пересеченной поверхностью с равнинами, кратерами, ледяными утесами и большими овальными структурами, или «коронами», названными в честь известных ипподромов.

У Нептуна есть один главный спутник, Тритон, удачно сфотографированный «Вояджером-2». Его уникальной особенностью является наличие розового азотного снега в районе полюса и активные азотные гейзеры, прорывающиеся из-под поверхности. Его диаметр составляет 1681 милю: меньше, чем у Луны, но больше, чем у любого из спутников Урана... и, кстати, больше, чем у Плутона. Он движется по ретроградной орбите и, по-видимому, некогда был независимым небесным телом, захваченным полем тяготения Нептуна.

Другие спутники очень малы, и лишь один из них, Нереида, был известен до прохода «Вояджера-2»; он менее 150 миль в поперечнике и движется вокруг Нептуна по сильно вытянутой орбите, больше похожей на кометную.

Открытие Нептуна в 1846 году было результатом математических расчетов Леверье, доказавшего, что Уран периодически изменяет свое положение под воздействием более отдаленной неизвестной планеты. Через несколько десятилетий Персиваль Лоуэлл на таком же основании

предугадал открытие еще одной планеты, и в 1930 году, через четырнадцать лет после его смерти, была обнаружена девятая планета, Плутон. Честь ее открытия принадлежит Клайду Томбо из Лоуэлловской обсерватории, штат Аризона.

Плутон находился примерно в 6° от положения, указанного Лоуэллом, однако эта планета — большой индивидуалист. Из-за сильно вытянутой орбиты он может оказываться ближе к Солнцу, чем это вообще возможно для Нептуна; последний перигелий был пройден в 1989 году, и теперь Плутон отдаляется от Солнца на большее расстояние, чем Нептун, лишь в конце 1999 года.

Но главная загадка Плутона заключается в его незначительном размере и массе. Его диаметр составляет лишь 1444 мили, и он «весит» так мало, что просто не может вызвать регистрируемых возмущений в движении таких гигантов, как Уран и Нептун,— однако именно благодаря этим возмущениям его и удалось найти. Либо достаточно точный прогноз Лоуэлла был чистым совпадением (во что мне очень трудно поверить), либо нам еще предстоит найти десятую планету, или «планету X».

Нельзя сказать, что Плутон странствует в глубинах Космоса в полном одиночестве. У него есть спутник Харон, чей диаметр составляет больше половины диаметра самой планеты. Их разделяет лишь 20 000 миль, и орбитальный период Харона совпадает с периодом осевого вращения Плутона: 6 дней и 9 часов. По-видимому, этой паре нельзя присвоить статус

истинной планеты; скорее, это планетоиды, образованные из материала, оставшегося после формирования основной части Солнечной системы.

Сейчас на Плутоне есть обширная, хотя и сильно разреженная атмосфера, но она вряд ли может быть постоянной. По мере того как Плутон движется по орбите к своему следующему афелию, который произойдет в 2113 году, температура понижается, и атмосфера начинает конденсироваться на поверхности. Большую часть своего «года», равного 248 земным годам, Плутон является безвоздушным миром. Поверхность Плутона покрыта слоем кристаллической двуокиси углерода; поверхность Харона, не имеющего атмосферы, состоит из водяного льда.

Плутон, имеющий четырнадцатую звездную величину, виден в 8-дюймовый телескоп, но кажется лишь яркой точкой, похожей на звезду. С помощью космического телескопа Хаббла можно различить темные пятна на его поверхности, но отправка автоматических зондов к этой планете пока не финансировалась. С точки зрения астронома-любителя, основной интерес представляют поиски местонахождения Плутона.

Астрономическое покрытие отдельных звезд диском Плутона имеет важное значение и должно наблюдаться при любой возможности, так как уменьшение блеска звезды перед вступлением в тень планеты может дать дополнительные сведения о характере атмосферного покрова. К сожалению, подобные события происходят довольно редко.

Периодически предпринимаются поиски десятой планеты, расположенной далеко за орбитой Плутона, но задача очень сложна, так как отраженный свет этой планеты — если она вообще существует — ничтожно мал, и у нас нет надежных указаний на ее возможное местонахождение. Не исключено, что когда-нибудь ее обнаружат, но пока Нептун и Плутон обозначают границы известной нам Солнечной системы.

АСТЕРОИДЫ, КОМЕТЫ И МЕТЕОРЫ

В начале 1770-х годов немецкий астроном Тициус обратил внимание на любопытную закономерность, связанную с расстоянием планет от Солнца. Она была популяризована Иоганном Элертом Боде, директором Кенигсбергской обсерватории, и с тех пор (довольно несправедливо) называется законом Боде*.

Возьмем числа 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96 и 192, каждое из которых — кроме первых двух — вдвое больше предыдущего. Прибавим к каждому из них по 4. Если мы примем расстояние от Земли до Солнца за 10 единиц ($6 + 4$), то оставшиеся числа дают расстояния от Солнца до других планет с довольно большой точностью, вплоть до Сатурна, который тогда был самой далекой из известных планет.

Вот таблица, к которой я добавил Уран, Нептун и Плутон для полноты картины.

* В литературе эту закономерность чаще называли правилом, а теперь — законом Тициуса-Боде.— Прим. ред.

Планета	Расстояние по закону Бодe	Фактическое расстояние
Меркурий	4	3,9
Венера	7	7,2
Земля	10	10,0
Марс	16	15,2
—	28	-
Юпитер	52	52,0
Сатурн	100	95,4
Уран	196	191,8
Нептун	-	300,7
Плутон	388	394,6

После открытия Урана в 1781 году было обнаружено, что его число Бодe довольно точно совпадает с фактическим расстоянием. Разумеется, закон Бодe совершенно ошибочен для Нептуна, но более или менее справедлив для Плутона. Сейчас эта взаимосвязь кажется чистым совпадением, казуистической нумерологией, не имеющей ничего общего с наукой. Но это было не так очевидно в XVIII веке, и отсутствующая планета, соответствующая числу 28, начала приобретать реальные очертания. Ей следовало находиться там, но ее размеры, очевидно, были слишком малы, иначе ее давно бы обнаружили.

В 1800 году команда астрономов собралась в обсерватории Иоганна Шретера в Лилиентале, неподалеку от Бремена. Они назвали себя «небесной полицией» и решили предпринять систематические розыски предполагаемой плане-

ты, договорившись таким образом, чтобы каждый из членов команды отвечал за свой участок эклиптики. Но по иронии судьбы случилось так, что их опередили. Прежде чем они успели полностью осуществить свой замысел, Джузеппе Пиацци в обсерватории Палермо на Сицилии случайно заметил медленно движущийся объект, который оказался маленьким планетой, движущимся как раз в нужной области Солнечной системы. Его число Бодэ составляло 27,7, и Пиацци назвал его Церерой в честь богини-покровительницы Сицилии. Однако Церера оказалась очень маленькой, и это открытие не удовлетворило «небесную полицию».

В период между 1802 и 1808 годами они открыли еще три тела в том же регионе: Палладу, Юнону и Весту.

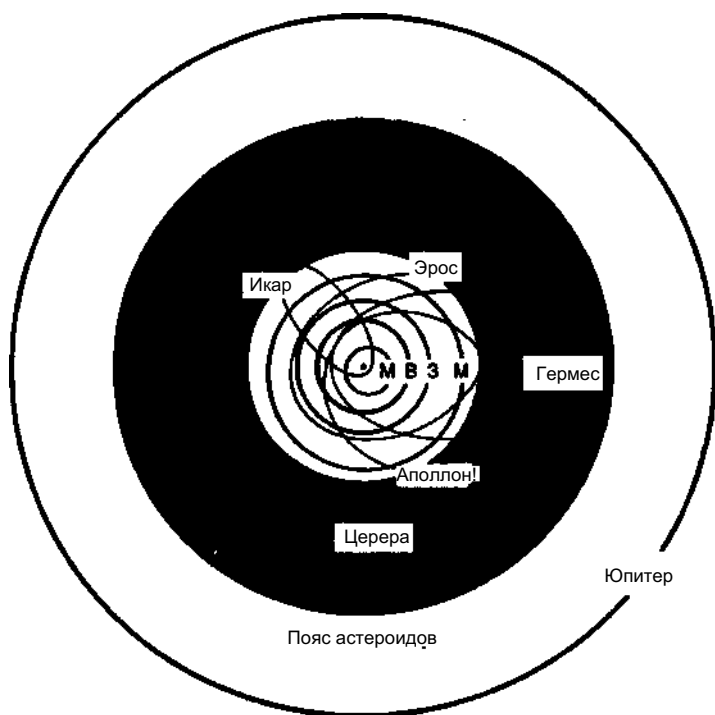
Новых находок не последовало, и «небесная полиция» была распущена в 1915 году, после того как обсерватория Шретера была разграблена наступающей французской армией.

Затем, в 1845 году, немецкий астроном-любитель Хенке обнаружил пятый астероид, названный Астреей.

Еще три сообщения последовали в 1847 году, а с 1848-го ни одного года не проходило без нескольких новых открытий.

Теперь общее число известных астероидов далеко перевалило за 5000, и еще гораздо больше было замечено, но не прослежено в течение достаточно долгого времени, чтобы вычислить их орбиты.

Церера, с диаметром 584 мили, возглавляет список астероидов, а из остальных лишь Веста и Паллада имеют в поперечнике более 300 миль. Только Весту можно увидеть невооруженным глазом. Большинство астероидов крошечные и имеют асимметричную форму. Даже у Паллады она близка к треугольной, хотя Церера и Веста кажутся более или менее шарообразными.



Пояс астероидов с орбитами некоторых крупных тел
 Во внутреннем круге указаны орбиты Меркурия, Венеры, Земли и Марса

После точного расчета орбиты каждому астероиду присваивается порядковый номер и название. Некоторые названия весьма эксцентричны: запас мифологических богов и героев вскоре истощился, и теперь мы имеем такие перлы, как № 518 Халва (восточная сладость), № 1625 NORC (в честь компьютера), и № 2309 Мистер Спок (в честь рыжего кота, который сам был назван в честь остроухого штурмана, доктора Спока с планеты Вулкан, героя фантастического сериала о звездолете «Энтерпрайз»).

Традиционно первооткрывателю астероида предоставляется право назвать его, хотя окончательное утверждение производится Международным астрономическим союзом, и время от времени предлагаемые названия отклоняются из-за несурьезности или неудобочитаемости.

Астероиды не всегда пользовались уважительным вниманием астрономов, поскольку фотопластинки, установленные для совершенно иных целей, часто оказывались исчерканными траекториями малых небесных тел, и один немецкий исследователь в раздражении как-то даже назвал их «небесными паразитами». Однако сейчас они реабилитированы, и мы относимся к ним с большим интересом, несмотря на их незначительные размеры.

Ныне считается, что крупная планета не могла сформироваться в поясе астероидов из-за разрушительного воздействия тяготения Юпитера. Более того, в главном поясе астероидов есть заметные «пробелы», где орбитальные периоды соответствуют правильным дробям от орбитального периода Юпитера: кумулятивные гравита-

ционные возмущения поддерживают эти зоны в относительной чистоте. Астероиды также имеют тенденцию собираться в группы, и столкновения между ними должны часто происходить даже в наше время.

Нам еще мало известно о строении поверхности даже крупных астероидов, но мы знаем, что они принадлежат к различным видам.

Спектроскопические исследования показывают, что некоторые астероиды богаты силикатными соединениями, а другие состоят из металлов. Веста покрыта слоем изверженных пород, первоначально существовавших в виде жидкой лавы (первая грубая карта Весты была составлена в ноябре - декабре 1995 года с помощью космического телескопа Хаббл).

В отличие от больших планет, орбиты астероидов отклоняются от плоскости эклиптики: к примеру, наклон орбиты Паллады составляет почти 35° (орбитальный период 4,6 года). Церера, Паллада и Веста, взятые вместе, составляют 55% общей массы астероидов, но сама эта масса составляет лишь 3% массы Луны, или 0,04% массы Земли.

Два астероида были сфотографированы с близкого расстояния космическим зондом «Галилей», которому пришлось пересечь центральную зону пояса астероидов по пути к Юпитеру. Он был запущен в октябре 1989 года, но следовал по окольному маршруту и — как мы уже говорили — приблизился к Юпитеру лишь в декабре 1995 года. В ноябре 1991 года он миновал астероид № 951 (Гаспра), чья форма напоминает шишковатую картофелину с испещрен-

ной кратерами поверхностью и максимальным диаметром менее 20 миль. Позднее он сфотографировал астероид № 243 (Ида), который принадлежит к тому же типу, но имеет немного больший размер и сопровождается крошечным «спутником» Дактилем.

Некоторые астероиды удаляются от главного роя и вторгаются во внутренние области Солнечной системы. Первым из таких астероидов был № 433 (Эрос), открытый в 1898 году, который движется по орбите, пересекающей орбиту Марса. Его наибольшее сближение с Землей составляет 15 000 000 миль, и последний раз оно произошло в 1975 году. Однако этот рекорд уже давно побит, и некоторые блуждающие астероиды пролетали между Землей и Луной. Один из них, вошедший в околопланетное пространство в 1991 году, имел не более 30 футов в диаметре.

Судя по всему, эти космические скитальцы встречаются гораздо чаще, чем ранее предполагалось, и теперь ежегодно регистрируется несколько близких проходов астероидов в околоземном пространстве.

Возможность столкновения существует; определенной поддержкой пользуется теория, согласно которой такое столкновение действительно произошло около 65 000 000 лет назад. При этом в атмосферу Земли было выброшено так много пыли, что климат планеты совершенно изменился, с катастрофическими последствиями для динозавров. Независимо от того, произошло ли это на самом деле (лично у меня есть глубокие сомнения), мы не можем считать, что находимся

в полной безопасности. Если мы заметим астероид, идущий курсом на столкновение, то, наверное, можем попытаться разрушить или отклонить его с помощью ядерных ракет, но не ясно, хватит ли у нас времени на подготовку. Приведу один пример: в 1991 году один из близко летящих астероидов был обнаружен лишь после того, как он миновал фазу наибольшего сближения с Землей.

Орбиты двух астероидов, № 1566 (Икар) и № 3200 (Фаэтон) частично проходят ближе к Солнцу, чем орбита Меркурия, поэтому в перигелии они должны раскаляться докрасна. Фаэтон движется по одной орбите с метеорным потоком Геминид и вполне может быть «прародителем» этого потока; тогда мы получаем сильный довод в пользу связи между кометами и малыми астероидами. Это предположение получило новую поддержку после странного открытия астероида №4015, обнаруженного в 1977 году.

Впоследствии было установлено, что его уже видели раньше, в 1949 году, в облике кометы Уилсона — Харрингтона. Позднее я вернусь к этой теме, а тем временем стоит заметить, что есть несколько крошечных астероидов, чьи орбиты в целом проходят ближе к Солнцу, чем орбита Земли. К их числу принадлежит № 2100 (Ра-Шалом), огибающий Солнце на расстоянии от 43 000 000 до 78 000 000 миль за 283 дня. Его диаметр составляет не более двух миль, а возможно, значительно меньше.

Есть также рои астероидов за пределами главного пояса. Один из них — Троянский рой, дви-

жущийся по одной орбите с Юпитером, но сохраняющий благоразумную дистанцию в 45° дуги впереди или позади огромной планеты. Таким образом, астероиды не подвергаются риску быть захваченными мощным тяготением Юпитера (хотя, естественно, иногда отклоняются в ту или иную сторону от своего среднего положения на орбите). Некоторые из них имеют более 100 миль в поперечнике, но из-за огромного расстояния до Земли их можно наблюдать лишь в мощные телескопы.

Вероятно, самым любопытным астероидом — если это вообще астероид — является № 2060 (Хирон), открытый в 1977 году Чарлзом Ковалом из Паломарской обсерватории. (Не путайте Хирон с Хароном, спутником Плутона. Очень жаль, что названия так похожи, но они совершенно не связаны между собой. В древнегреческой мифологии Хирон был мудрым кентавром, учившим Ясона и аргонавтов, а Харон — мрачным лодочником, перевозившим души умерших через реку Стикс по пути в подземное царство Плутона.) По меркам астероидов он довольно большой — более 150 миль в диаметре — и проводит большую часть времени между орбитами Сатурна и Урана, которые тогда считались последним местом, где можно ожидать открытия нового астероида. Он достиг перигелия в 1996 году, когда его расстояние от Солнца составляло 794 000 000 миль; в афелии он удаляется на 1 700 000 000 миль. Орбитальный период равен 51 году. В 1988 году этот астероид вызвал всеобщее удивление, когда внезапно увеличил свою яркость — несильно, но доволь-

но заметно. Затем вокруг него появилось нечто вроде «пуха», как будто слой льда на поверхности начал испаряться по мере повышения температуры. Так обычно ведут себя кометы, но Хирон слишком велик для кометного ядра и по классификации находится ближе к планетоидам. Расчеты показывают, что в 1664 году до н. э. он прошел на расстоянии 10 000 000 миль от Сатурна. Это не намного больше, чем расстояние между Сатурном и его внешним спутником Фебой... а Феба и Хирон почти одного размера.

Были открыты другие необычные тела. Некоторые из них движутся по очень вытянутым орбитам, которые выводят их за пределы Солнечной системы в глубины Космоса. Так, астероид № 5365 (Дамокл) движется по орбите, пересекающей орбиты Марса, Юпитера, Сатурна и Урана, а № 4145 (Фолус) движется от внутренней части орбиты Сатурна далеко за пределы орбиты Нептуна, совершая полный оборот за 93 года. Он имеет отчетливый красный оттенок, а его диаметр составляет от 150 до 200 миль.

В 1992 году Дэвид Джуитт и Джейн Луу, пользуясь мощными телескопами на вершине Мауна-Кеа на Гавайях, открыли астероид, значительно более удаленный от Солнца, чем Нептун; среднее расстояние превышает 4 000 000 000 миль, а орбитальный период составляет 296 лет. С тех пор были обнаружены другие похожие тела, и есть мнение, что мы видим ярчайшие астероиды из целого роя, или так называемого облака Койпера, расположенного далеко за ор-

битой Нептуна (название дано в честь покойного Дж. П. Койпера, впервые предположившего возможность существования такого облака). Оттуда вполне могут появляться некоторые кометы с коротким периодом обращения, поэтому, прежде чем продолжить рассказ, давайте немного поговорим об этих странных, едва ли не призрачных объектах.

Кометы как-то называли «грязными снежками», и это описание не так уж далеко от истины. Яркая комета с длинным хвостом, протягивающимся по небу, может выглядеть весьма впечатляюще, но эта внешность обманчива. Единственной вещественной частью кометы является ее ядро, состоящее из смеси льда и «щебня», никогда не превышающее нескольких миль в поперечнике.

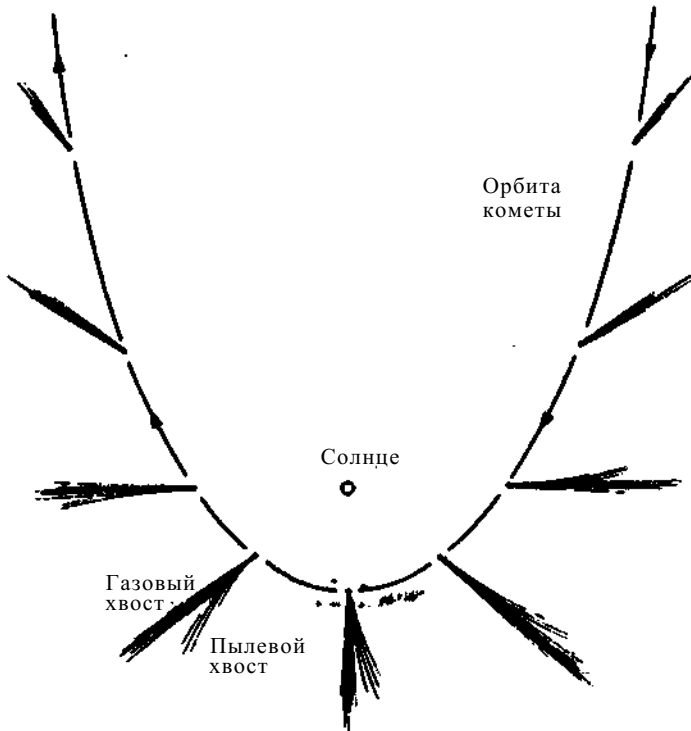
Обычная комета путешествует по очень вытянутой орбите и, находясь вдали от Солнца, представляет собой просто комок инертного материала, но когда она возвращается, то по мере повышения температуры лед на внешней оболочке ядра начинает испаряться, и у кометы появляются «голова» и «хвост».

Когда комета проходит перигелий и удаляется в холодные регионы вдали от Солнца, эти детали ее наряда исчезают, и она приобретает прежний облик.

Кометные хвосты бывают двух типов: газовые (ионизированный газ) и пылевые. Оба типа образуются под воздействием Солнца. Давление света относит разреженный материал назад, образуя прямой газовый хвост; частицы солнечного ветра сходным образом воздействуют

на кометное вещество, образуя изогнутый пылевой хвост.

Хвост кометы почти всегда указывает в направлении от Солнца, поэтому когда комета проходит через перигелий и начинает путешествие за пределы Солнечной системы, она движется хвостом вперед. Разумеется, у многих маленьких комет хвосты так и не образуются, а некоторые из них выглядят всего лишь как слегка «пушистые» звезды.



Положение хвоста кометы

Раньше считалось, что все кометы прилетают из так называемого облака Оорта — скопища ледяных объектов, вращающихся вокруг Солнца на расстоянии по меньшей мере одного светового года (название дано в честь голландского астронома Дж. Г. Оорта, ведущего мирового специалиста в области кометных феноменов). Предполагалось, что если под воздействием проходящей звезды или даже отдаленной планеты Солнечной системы комета получит первоначальный толчок, она начнет «падать» по направлению к Солнцу и после долгого странствия через много тысяч лет наконец появится в зоне видимости. Затем с ней может произойти одно из нескольких событий. Она может просто облететь вокруг Солнца и вернуться в облако Оорта, снова исчезнув на очень долгое время. Она может встретиться с планетой (обычно с Юпитером) и перейти на параболическую орбиту, чтобы навсегда покинуть пределы системы; это произошло с довольно яркой кометой Аренда — Роланда, наблюдавшейся весной 1957 года.

Комета может перейти на более короткую орбиту с периодом лишь в несколько лет или десятилетий. С другой стороны, она может даже упасть на Солнце или врезаться в планету; как вы помните, в июле 1994 года мы были свидетелями распада кометы Шумейкера — Леви-9, совершившей «космическое харакири» через серию взрывов на Юпитере. Недавно появилось предположение, что кометы с короткими орбитами появляются из расположенного гораздо ближе облака Койпера за орбитой Неп-

туна. В любом случае, мы уверены, что кометы — это очень примитивные тела, состоящие из материала, не принимавшего участия в формировании планет Солнечной системы.

Комета называется в честь ее первооткрывателя либо в честь математика, рассчитавшего ее орбиту. Существует также система, согласно которой очередной комете дается порядковый номер по времени ее прохождения через перигелий. Так, первая комета, миновавшая перигелий в 1994 году, была 1994-I, вторая — 1994-II, и так далее.

Ни один год не проходит без нескольких открытий: иногда мы видим новые кометы, а иногда наблюдаем за возвращением известных периодических комет.

Каждый раз, проходя через перигелий, комета теряет часть своей массы, так как ее вещество испаряется, образуя «голову» и «хвост». Это означает, что по космическим меркам жизнь кометы очень коротка, и лишь через несколько десятков тысяч лет она утрачивает все свои летучие вещества. Как мы уже упоминали, комета Уилсона — Харрингтона 1949 года теперь имеет полностью астероидный облик и даже получила порядковый номер в списке астероидов.

Кометы с короткими периодами обращения быстро выгорают, и немногие из них можно увидеть невооруженным глазом; несколько комет, которые регулярно наблюдались в XIX веке, теперь исчезли, распавшись на составные части. Это произошло с кометами Бронсона и Вестфала, а в 1926 году комета Энсора потуск-

нела во время приближения к перигелию, и с тех пор ее больше не видели.

Афелий многих периодических комет почти совпадает с орбитой Юпитера. Это старые знаковые, и мы всегда знаем, когда и где следует ожидать их появления. Комету Энке с периодом 3,3 года видели уже более 50 раз, а современные телескопы могут проследить за ее полетом по всей длине орбиты. Впервые ее наблюдал французский астроном Пьер Мишен в 1786 году; в 1795 году ее обнаружила Каролина Гершель, сестра Вильяма Гершеля, а после появления в 1805 и 1818 годах ее орбита была рассчитана Дж. Ф. Энке, который предсказал, что комета снова вернется в 1822 году. Разумеется, так и случилось, и с тех пор астрономы наблюдали за каждым ее возвращением, кроме 1944 года, когда ее расположение было неудачным, а большинство астрономов занимались совсем другими делами.

В 1682 году Эдмонд Галлей, впоследствии ставший вторым королевским астрономом Британии, наблюдал яркую комету. Он не первым увидел ее, но провел аккуратные измерения и пришел к замечательному выводу. До того времени считалось, что кометы летят по прямой линии мимо Солнца, а потом удаляются в неизвестность. Но Галлей обнаружил, что комета 1682 года движется по тому же маршруту, что и кометы, ранее наблюдавшиеся в 1607 и 1531 годах. Может быть, это одна и та же комета? Так подумал Галлей, и он был прав. Он рассчитал, что если комета имеет период обращения 76 лет, то она снова вернется

в 1758 году. К тому времени Галлей давно умер, но комета появилась точно по графику, и ее вполне заслуженно называли его именем. С тех пор комета возвращалась в 1835, 1910 и 1986 годах, хотя в последний раз она летела под неудачным углом и не выглядела очень яркой, как раньше.

Исторические записи свидетельствуют, что вращения кометы Галлея были регулярными, и мы можем проследить историю ее появлений задолго до рождения Христа. Она не всегда пользовалась популярностью: когда комета засияла в небе в 1066 году, за несколько месяцев до битвы при Гастингсе, саксонский двор счел это дурным предзнаменованием, а в 1456 году папа Каликст I произнес против кометы целую проповедь, назвав ее «посланицей дьявола». В любом случае, кометы считались вестницами неудачи. Стоит вспомнить строки из Шекспира: «В день смерти нищих не горят кометы/ лишь смерть царей огнем вещает небо»*. Отчасти страх подогревался предрассудками, но существовал вполне реальный страх перед тем, что прямое попадание кометы будет означать конец света. Подобные идеи сохранились до наших дней; перед возвращением кометы Галлея в 1986 году несколько благонамеренных религиозных организаций объявили о приближении Судного дня.

В 1986 году целая армада космических зондов устремилась навстречу комете Галлея. Там были два русских аппарата, два японских и

* «Юлий Цезарь», акт II, сцена 2. — Прим. пер.

один европейский. Европейский зонд «Джотто», построенный в Британии, углубился в головную часть кометы, передав на Землю крупномасштабные фотографии ядра в форме арахисового ореха, состоящего в основном из льда: оно было темным, но испускало струи газа и пыли из локальных участков на солнечной стороне. Диаметр ядра не превышал 9 миль, и понадобилось бы 60 миллионов комет Галлея, чтобы сравняться с массой Земли. Ядро теряет около 300 миллионов тонн вещества при каждом проходе через перигелий, поэтому его конец уже довольно близок. Комета вернется в 2061 году, хотя она снова будет неудачно расположена и не станет ярко сиять на небе (согласно англо-саксонским хроникам, в 837 году она была такой яркой, что могла отбрасывать четкие тени).

В истории человечества сохранилась память о нескольких живописных кометах. Комета Шиссо 1744 года имела по меньшей мере шесть хвостов. Великую комету 1811 года можно было видеть при свете дня, как и комету 1843 года, которая, кстати, вызвала бурную панику в Америке со всеобщими ожиданиями конца света.

Судя по записям, комета Донати 1858 года была самой красивой: с длинным прямым газовым хвостом и саблевидным пылевым хвостом. Комета 1882 года отбрасывала тени; была еще так называемая дневная комета 1910 года, появившаяся за несколько месяцев до кометы Галлея. Двумя самыми яркими кометами недавнего времени были Хуакутак в 1996 году и Хейла —

Боппе, засиявшая в полную силу весной 1997 года и вполне подходившая под определение «великой кометы». В течение многих недель ее можно было наблюдать невооруженным глазом... но она вернется лишь примерно через четыре тысячи лет.

Охота за кометами является одним из главных увлечений астрономов-любителей. Хотя это кропотливая работа, она может доставить немало приятных моментов. Процедура проста и заключается в осмотре неба с помощью мощного бинокля или телескопа с широкоугольным объективом. На заметку берутся все необычные объекты. Главной необходимостью являются энциклопедические познания в топографии звездного неба: к примеру, Джордж Олкотт, один из лучших современных охотников за кометами, наизусть знает расположение и звездные величины более 30 000 звезд.

Нет никаких сомнений, что кометы и метеоры тесно связаны между собой. Одна знаменитая «пропавшая комета» Биэла обеспечила нас бесспорными доказательствами. Она имела период обращения $63\frac{1}{4}$ года и достигала третьей звездной величины. Вернувшись в 1845 году, она поразила астрономов, разделившись на две части. Кометы вернулись в 1852 году, были пропущены в 1859 году из-за очень неудачного расположения и снова ожидалась в 1866 году — но так и не появились, и с тех пор их больше не видели. Однако в 1872 году метеорный дождь наблюдался как раз в том участке небосвода, где должна была появиться комета.

Совершенно ясно, что эти метеоры были продуктами распада кометы Биэла.

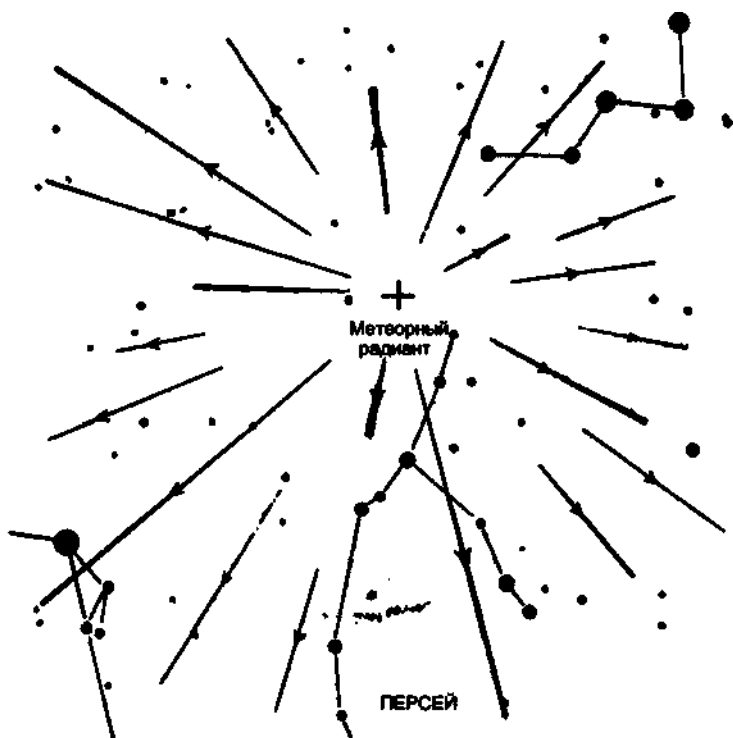
Как мы уже знаем, метеоры являются обломками кометного вещества. Когда земля проходит через пылевой след, оставленный кометой, мы видим в небе дождь «падающих звезд». Это происходит многократно, каждый год. С поверхности Земли кажется, что метеорный дождь расходится из определенной точки на небосводе, так как метеоры движутся в пространстве по параллельным линиям.

Есть хороший способ для демонстрации этого эффекта. Встаньте на мосту над путями железной дороги, и вы увидите, как параллельные линии рельсов сходятся в точку на большом расстоянии. Каждый метеорный дождь называется в честь созвездия, где находится радиант, или точка видимого расхождения. Так августовские метеоры приходят из созвездия Персея и называются Персеидами, ноябрьские Леониды приходят из созвездия Льва, и так далее.

Не все метеорные дожди имеют равную интенсивность. Они классифицируются в соответствии с зенитным часовым коэффициентом (ZHR), который определяется как количество метеоров, видимых невооруженным глазом при идеальных условиях, когда радиант находится в зените, или прямо над головой наблюдателя. На практике таких условий не существует, поэтому фактический коэффициент ниже, чем теоретический предел. Список основных метеорных дождей приведен в Приложении 4. Обратите внимание, что радиант Квадрантид находится в созвездии Возничего. Оно занимает место ста-

рого созвездия Квадранта, исключенного из современных звездных атласов.

Персеиды — наиболее живописный из современных метеорных дождей, так как они рассеяны по всей орбите своей первичной кометы Свифта — Туттла. Посмотрите на ясное ночное небо в любое время в течение первой половины августа, и вам очень не повезет, если вы не увидите хотя бы несколько Персеид.



Метеорный радиант в созвездии Персей

Ноябрьские Леониды ведут себя по-другому: они плотнее сгруппированы и хорошо видны лишь в те годы, когда Земля проходит через наиболее плотную часть роя, как это случилось в 1779, 1833, 1866 и 1966 годах. Говорили, что метеоры «падали с неба, как снежинки», но, к сожалению, в 1966 году в Европе основное действие происходило в дневное время, и его можно было наблюдать лишь на другом конце земного шара. Первичная для Леонид комета Темпеля — Туттла пройдет через перигелий в 1999 году, и наблюдатели с нетерпением ожидают очередную серию небесных фейерверков.

Астрономы-любители выполняют ценную работу по наблюдению за метеорами. Радарные методы до некоторой степени потеснили традиционные исследования, так как радарный сигнал отражается от метеорного роя, но визуальные наблюдения по-прежнему очень полезны.

Наилучший способ рассчитать траекторию метеора — держать линейку параллельно следу падающей звезды, чтобы его начало и конец можно было видеть по отношению к звездному фону, но для этого опять-таки требуется хорошее знание небосвода. Также отмечается точное время появления, период видимости, яркость, цвет (если он есть) и другие особые характеристики. Если один и тот же метеор наблюдается с различных точек, то можно вычислить его высоту по методу триангуляции.

Фотографирование метеоров является увлекательным занятием: просто направьте камеру в нужном направлении, откройте диафрагму и вы-

ставите максимальную выдержку, чтобы «поймать» все метеоры, появляющиеся в поле зрения.

Разумеется, не все метеоры принадлежат к известным метеорным дождям. Есть случайные метеоры, которые могут появиться с любого направления в любой момент; по некоторым оценкам, в атмосфере Земли каждые сутки сгорает 75 000 000 метеоров, которые можно видеть невооруженным глазом.

При нормальных условиях внимательный наблюдатель может увидеть до десяти метеоров в час, хотя в период метеорных дождей это количество резко возрастает. Время от времени появляются настоящие красавцы: я сам видел четыре метеора, которые на короткое время могли затмить своим блеском даже полную Луну.

Метеориты — более крупные тела, не сгорающие в атмосфере и долетающие до поверхности Земли. Заметьте, что метеориты не являются большими метеорами; фактически, между ними вообще нет никакой связи. Метеориты прилетают из пояса астероидов, и нет никаких принципиальных различий между крупным метеоритом и маленьким астероидом. Это лишь вопрос терминологии, хотя «метеоритами» условно называются только те небесные объекты, которые падают на Землю.

Было собрано много тысяч метеоритов, а иногда удавалось даже проследить за их падением. Маленький метеорит, промелькнувший в небе над Англией в канун Рождества 1965 года, распался на части перед ударом, и его фрагменты рассеялись вокруг деревушки Барвелл в Лейчестере. У нас нет достоверных сведений о

гибели людей при падении метеоритов, хотя в нескольких случаях очевидцам действительно повезло, что они остались в живых.

Есть два главных типа метеоритов: каменные (аэролиты) и железные (сидериты). Их не всегда легко определить по внешнему виду, но для геолога это не составляет труда. Если разрезать железный метеорит, а затем протравить его кислотой, то появятся характерные узоры, известные как «узоры Видманштаттена», не встречающиеся в земных минералах.

Некоторые каменные метеориты, названные хондритами, содержат маленькие сферические включения (хондрулы), состоящие из фрагментов минералов; в других метеоритах хондрулы отсутствуют. Есть предположение, что некоторые метеориты имеют лунное или даже марсианское происхождение, хотя я лично испытываю глубокие сомнения по этому поводу.

Крупнейший известный метеорит по-прежнему лежит там, где он упал в доисторические времена,— возле Гротфонтейна в Южной Африке. Сдвинуть его с места довольно затруднительно, так как он весит более 60 тонн. Самый крупный из музейных метеоритов называется Анигито, или Палатка: он был обнаружен в Гренландии полярным исследователем Робертом Пири и переправлен в Хейденский планетарий в Нью-Йорке, а теперь выставлен на всеобщее обозрение.

Отправившись в Аризону, неподалеку от городка Уинслоу и в стороне от шоссе № 99 вы можете увидеть огромный кратер около мили в поперечнике, образовавшийся в результате ме-

теоритного удара более 20 000 лет назад. Он стал хорошо известной достопримечательностью для туристов, и шведский ученый Сванте Аррениус однажды даже назвал его «самым интересным местом на Земле».

Кратер Волф-крик в западной Австралии не такой большой и гораздо менее доступен, но имеет четкую форму, не оставляющую никаких сомнений в его происхождении. Другие крупные кратеры обнаружены на территории Австралии, в области Вакар на Аравийском полуострове, в Эстонии и США.

Есть значительные сомнения по поводу природы небесного тела, упавшего в районе Подкаменной Тунгуски в Восточной Сибири 30 июня 1908 года. Хвойный лес был повален на большой площади, а шум слышали за сотни миль от места падения. К счастью, этот район практически необитаем; если бы удар пришелся по крупному городу, то количество погибших было бы колоссальным. Однако кратер так и не был обнаружен, и до сих пор не ясно, что послужило причиной взрыва — метеорит, крошечный астероид или обломки кометного вещества.

Второй метеорит на территории Сибири упал 12 февраля 1947 года в районе Владивостока, но на этот раз никакой тайны не получилось, поскольку ученые обнаружили более сотни маленьких кратеров и собрали множество метеоритных фрагментов.

Я должен вкратце упомянуть о тектитах — маленьких стеклянистых объектах, имеющих обтекаемую форму и, судя по определенным

признакам, дважды подвергавшихся интенсивному нагреванию. Некогда считалось, что они имеют метеоритное происхождение, но сейчас кажется более вероятным, что это один из продуктов вулканических извержений.

В Солнечной системе есть огромное количество тонко рассеянного межпланетного вещества. Оно является причиной зодиакального света — слабого конусообразного сияния, которое поднимается над горизонтом вскоре после заката, или незадолго до рассвета и протягивается вдоль пояса Зодиака (отсюда и название). Зодиакальный свет трудно увидеть над Британией, загрязненной искусственным освещением, но в других странах с более ясным небом он может быть довольно заметным; солнечный свет отражается от частиц, рассеянных по главной плоскости планетной системы.

Солнечная система является необыкновенно интересным местом, имеющим для нас жизненно важное значение. Однако нам приходится признать, что это очень незначительная часть Галактики, и теперь пора обратить внимание на бескрайние просторы за пределами нашего звездного дома.

ЗВЕЗДЫ

В обычный телескоп звезду можно увидеть лишь как точку света; фактически, чем меньше она кажется, тем лучше вы видите ее! Это происходит не из-за малого размера звезд, а потому, что они удалены от нас на огромные расстояния.

Измерение этих расстояний оказалось трудной задачей, непосильной даже для Вильяма Гершеля. Успех был достигнут лишь в 1838 году благодаря кропотливой работе, выполненной Ф. В. Бесселем в Германии.

Бессель решил воспользоваться методом триангуляции. В сущности, этим методом пользуются топографы для измерения расстояний до недоступного объекта — например, горной вершины.

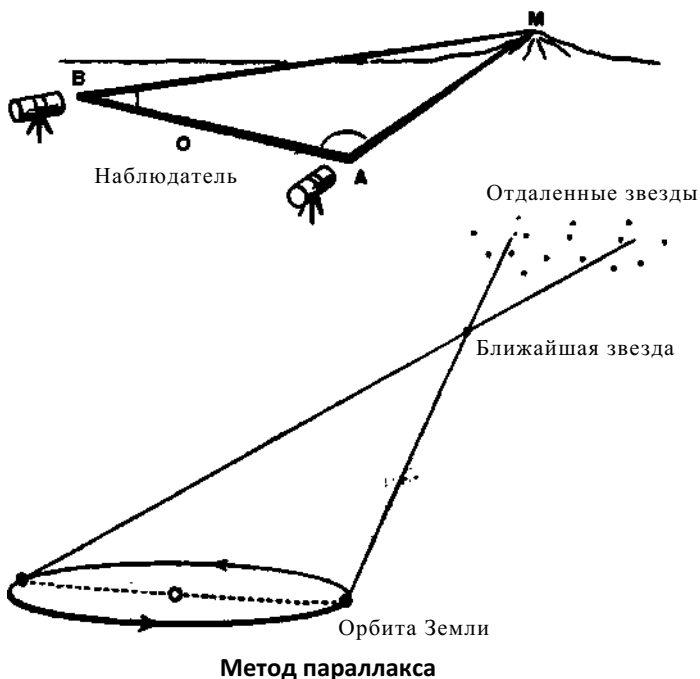
На диаграмме (см. с. 221) наблюдатель (О) берет азимут на вершину горы, наблюдаемой с двух точек А и В, разделенных известным расстоянием. Затем измеряются углы ВАМ и МВА и определяется величина угла ВМА. Половина этого угла называется параллаксом. Рас-

стояние МО можно определить с помощью простых математических расчетов.

Чтобы измерить расстояние до звезды, нам необходима базовая линия значительно большего размера, и Бессель воспользовался диаметром земной орбиты. Он выбрал тусклую звездочку № 61 в созвездии Лебедя, которую считал сравнительно близкой, а затем определил ее положение на фоне более отдаленных звезд, сначала в январе, а потом в июле. В течение полугода Земля переместилась с одного конца своей орбиты на другой, что дало Бесселю базовую линию длиной 186 000 000 миль. Смещение параллакса 61 Лебедя было очень незначительным — менее $1/3$ секунды дуги, — но вполне заметным. Бессель смог доказать, что расстояние до этой звезды составляет 11 световых лет, что примерно соответствует 64 триллионам миль. Немногие звезды расположены на таком небольшом расстоянии от Земли; ближайшей является тусклый красный карлик Проксимы Центавра в южном небе, чей параллакс составляет 0,76 секунды дуги, что соответствует 4,25 светового года.

Бессель выбрал 61 Лебедя по двум причинам: во-первых, звезда отчетливо смещается на 4,1 секунды дуги в год, а во-вторых, она состоит из двух компонентов, разделенных примерно на 30 секунд дуги, поэтому даже в маленький телескоп их можно видеть отдельно. Обе звезды слабые и имеют красноватый оттенок, что служит еще одним указанием на их близость к Солнцу — во всяком случае, по космическим стандартам.

В обсерватории Кейп в Южной Африке Томас Хендерсон произвел сходные измерения яркой Альфы Центавра, одной из двух звезд, указывающих на созвездие Южного Креста, которая также обнаруживает четкое ежегодное смещение на 3,6 секунды дуги и является двойной звездой. Работа Хендерсона была проще, чем у Бесселя, так как Альфа Центавра расположена ближе к нам и лишь на 0,1 светового года отстоит от Проксимы Центавра, которая входит в ее группу. Однако Хендерсон не торопился с публикацией результатов своих исследований, и Бессель опередил его в 1838 году.



Метод параллакса хорошо работает для расстояний до нескольких сотен световых лет, но затем сдвиг искажается неизбежными ошибками наблюдения, поэтому приходится прибегать к косвенным методам.

Большей частью косвенные методы включают использование спектроскопического анализа для выяснения истинной яркости звезды; затем мы сравниваем видимую звездную величину с так называемой абсолютной звездной величиной и получаем расстояние. Некоторые переменные звезды (цефеиды) упрощают измерения, обнаруживая свою истинную светимость при изменении видимого блеска.

Звездная величина является мерой видимого блеска — чем она меньше, тем более яркой кажется звезда. Таким образом, звезда 1-й величины ярче, чем звезда 2-й величины, и так далее.

Сириус, ярчайшая звезда ночного неба, имеет отрицательную звездную величину (-1,5), а самые тусклые звезды, обычно различимые невооруженным глазом в ясную ночь, имеют величину +6.

С помощью бинокля можно видеть звезды 9-й величины, а современное электронное оборудование, установленное на самых больших телескопах, позволяет различать звезды почти до 30-й величины.

Условно считается, что двадцать ярчайших звезд ночного неба являются «звездами первой величины», начиная от Сириуса и заканчивая Регулом в созвездии Льва (1,3). Но есть еще 29 звезд, чья величина изменяется в пределах

между 1,5 и 2,0. Полярная звезда имеет 2-ю величину; измерения производятся по логарифмической шкале, поэтому звезда 1-й величины ровно в сто раз ярче, чем звезда 6-й величины. Список звезд 1-й величины приведен в Приложении 6.

Видимая звездная величина лишь косвенно связана с реальной светимостью, так как звезды находятся на очень разных расстояниях от нас. Возьмем, к примеру, Сириус (-1,5) и его ближайшего соперника, звезду Канопус на южном небе (-0,7). Сириус кажется ярче, но он находится лишь в 8,6 световых года от нас и светит лишь в 26 раз мощнее Солнца, а до Канопуса более 1000 световых лет, и его светимость превосходит солнечную в 200 000 раз! (Расстояние до таких отдаленных звезд, как Канопус, трудно измерить с достаточной точностью, и разные исследователи дают различные оценки. Я ориентируюсь на официальный Кембриджский каталог; степень его надежности не хуже, чем у любого другого источника.) Как это часто бывает в астрономии, видимость может оказаться обманчивой.

Абсолютная звездная величина определяется как видимая звездная величина при наблюдении со стандартного расстояний 32,6 световых года. На таком расстоянии Сириус имел бы звездную величину +1,4 и ничем не отличался бы от других ярких звезд, а Канопус со звездной величиной -8,5 стал бы ярчайшим объектом на небосводе, если не считать Солнца и Луны. Абсолютная величина Солнца на таком расстоя-

нии составляла бы +4,8, и оно было бы едва различимо невооруженным глазом.

Откуда взялось расстояние в 32,6 световых года? Дело в том, что при параллаксе в одну секунду дуги расстояние до звезды будет равно 3,26 световых года — единица измерения, известная как парсек.

На самом деле ни одна звезда, кроме Солнца, не находится так близко к нам, но это объясняет, почему, мы пользуемся стандартным расстоянием в 32,6 световых года или 10 парсеков для определения абсолютной звездной величины.

Рекорд скорости удерживает звезда Барнарда — тусклый красный карлик, расположенный на расстоянии лишь 5,8 световых лет от нас. Это ближайшая звезда, за исключением трех членов семейства Альфы Центавра, но даже здесь ежегодное смещение составляет лишь немногим более 10 секунд дуги, так что звезде Барнарда необходимо 190 лет, чтобы преодолеть на звездном фоне расстояние, равное видимому диаметру полной Луны. Поэтому рисунок созвездий не претерпевает заметных изменений в течение многих поколений.

Разумеется, в конце концов рисунок созвездий меняется; к примеру, в знаменитом ковше Большой Медведицы две звезды движутся в направлении, противоположном остальной пятерке, поэтому если бы мы могли вернуться на 50 000 лет в прошлое, то «ковш» превратился бы в нечто совсем иное, больше напоминающее каменный топор. Но когда речь идет о повседневных наблюдениях, можно без всякой натяжки

полагать, что рисунок созвездий остается постоянным.

Как мы уже говорили, созвездие не имеет реального значения, поскольку мы имеем дело всего лишь с эффектом зрения. У древних китайцев и египтян были свои созвездия, и если бы мы следовали их системам, то наши звездные атласы выглядели бы совсем по-другому, хотя звезды, разумеется, остались бы точно такими же. По ряду причин мы пользуемся греческим рисунком созвездий с латинскими названиями. Птолемей, последний из великих астрономов Древней Греции, насчитывал 48 созвездий, и все они по-прежнему в ходу, хотя во многих случаях их очертания были изменены.

После Птолемея появились десятки новых созвездий, особенно на дальней южной части небосвода, недоступной для наблюдения из Египта, где Птолемей провел большую часть своей жизни. Более того, астрономы некогда чувствовали себя обязанными создавать новые созвездия, «подворовывая» звезды из общепринятых групп, поэтому мы имеем такие новые названия, как Телескоп и Насос*. В итоге карта небосвода стала похожей (и все еще похожа) на беспорядочную мешанину. Сэр Джон Гершель, сын Вильяма Гершеля, однажды заметил, что созвездия как бы специально расположены таким образом, чтобы причинить как можно больше неудобств астрономам.

* Авторская формулировка некорректна. Звезды из общепринятых групп никогда не заимствовались астрономами, кроме редких попыток придворной лести, оказывавшихся недолговечными.— Прим. ред.

В 1930-х годах Международный астрономический союз потерял терпение и пересмотрел очертания созвездий, отказавшись от большинства незначительных групп с нелепыми названиями вроде Скипетра Бранденбургов и Воздушного шара, и видоизменил другие группы. Крупнейшее созвездие Птолемея, Корабль Арго, был разделен на Киль, Корму и Паруса. Сегодня мы насчитываем в небе 88 созвездий, сильно различающихся по размерам и значению.

В 1603 году немецкий астроном-любитель Иоганн Байер составил новый звездный атлас и разработал систему, согласно которой звездам присваивались буквы греческого алфавита. Так, ярчайшая звезда созвездия называлась Альфой, вторая по яркости — Бетой, и так далее, вплоть до Омеги. Сириус в созвездии Большого Пса стал Альфой Большого Пса.

Однако во многих случаях буквы выпадают из последовательности; к примеру, в созвездии Стрельца ярчайшими звездами являются Эпсилон и Сигма, а Альфа и Бета ничем не примечательны. Система прижилась и выдержала испытание временем.

Много лет спустя Джон Флэмстид, первый королевский астроном, присвоил звездам номера в порядке прямого восхождения. Так, Сириус стал № 9 Большого Пса, а Полярная звезда одновременно является Альфой Малой Медведицы и № 1 того же созвездия.

Поскольку в дальнейшем мы будем часто пользоваться греческими буквами, я позволю себе привести здесь полный список. Вот они:

α Альфа	ν Нью
β Бета	ξ Кси
γ Гамма	$\omicron$ Омикрон
δ Дельта	π Пи
ϵ Эпсилон	ρ Ро
ζ Дзета	σ Сигма
η Эта	τ Тау
θ Тета	υ Ипсилон
ι Йота	ϕ Фи
κ Каппа	χ Хи
λ Ламбда	ψ Пси
μ Мю	ω Омега

Индивидуальные названия обычно используются лишь для звезд первой величины, а также в нескольких особых случаях (например, знаменитая двойная звезда Мицар, или Дзета Большой Медведицы, и красная переменная звезда Мира, или Омикрон Кита). Большинство названий дано арабскими астрономами более тысячи лет назад, а некоторые еще старше. Название «Сириус» происходит от греческого слова «палящий», и его следует произносить через длинное «и», хотя большинство людей не обращает на это внимания. Встречаются также различные варианты произношения, но мы будем пользоваться традиционными, принятыми в звездных атласах.

Названия слабых звезд постепенно вышли из употребления, хотя время от времени их еще можно встретить в научных работах. (Кстати, остерегайтесь обманщиков из организаций, ко-

торые утверждают, будто имеют право давать звездам любые названия за соответствующую плату. Все это абсолютно нелегально и создано лишь с целью наживы. Постарайтесь не иметь с ними ничего общего.)

Мир звезд очень разнообразен. Существуют двойные звезды и звездные системы; есть цефеиды, изменяющие свою светимость за короткие периоды времени; есть карлики и гиганты; есть рассеянные и шаровые звездные скопления, а также огромные газопылевые облака, известные как туманности. И разумеется, за пределами Млечного Пути существует великое множество других галактик, настолько отдаленных, что в большинстве случаев их свет достигает нас лишь через миллионы лет. В звездном небе полно интересных вещей, поэтому давайте теперь совершим короткую экскурсию по его достопримечательностям. В конце концов, звезды становятся гораздо более привлекательными, когда мы знаем, что они собой представляют.

СОЗВЕЗДИЯ

Ориентироваться в звездном небе совсем не так трудно, как можно подумать. Существует лишь несколько тысяч звезд, различных невооруженным глазом, и самые яркие сразу же выделяются на общем фоне; один раз определив созвездие, вы всегда сможете узнать его снова, потому что оно не меняется (если в момент наблюдения в него не входит планета Солнечной системы). Я хорошо помню, как в возрасте восьми лет, когда я начал изучать созвездия, то твердо решил узнавать одно новое созвездие каждую ясную ночь. Через несколько недель я вполне уверенно ориентировался во всех основных группах.

Я не ставил перед собой задачу дать подробный путеводитель по звездному небу; все это можно найти в других книгах. Здесь приведена лишь основная информация с латинскими названиями созвездий (полный список с переводом общепринятых названий можно найти в Приложении 5), а звездная величина приводится в круглых скобках. Давайте начнем наблюдение с широты Лондона — примерно 51° север-

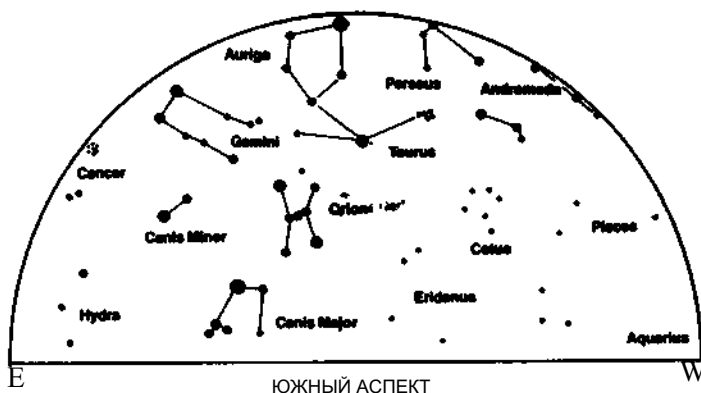
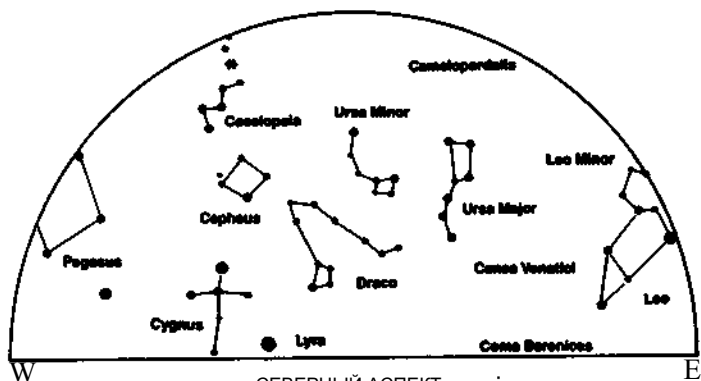
ной широты. С моей точки зрения, удобнее всего выделить несколько самых заметных групп и пользоваться ими как ориентирами. Самыми заметными из таких ориентиров являются созвездия Большой Медведицы и Ориона.

Зимние вечера (северное полушарие)

Это хорошее время для наблюдений, потому что и Орион, и Большая Медведица стоят высоко над горизонтом: Большая Медведица расположена «хвостом вниз» на северо-востоке, а Орион — высоко на юге. Созвездие Большой Медведицы никогда не заходит над Британскими островами, но Орион скрывается за горизонтом в летнее время.

Семь главных звезд **Большой Медведицы** образуют рисунок, известный в Англии под названием Плуга, или Большого Ковша. Все они, кроме одной, имеют примерно вторую звездную величину и, хотя не являются исключительно яркими, очень легко различимы, так как на этом участке небосвода нет других звезд, соперничающих с ними по яркости. Посмотрите на Дзету, или Мицар (2,1), вторую звезду в хвосте Большой Медведицы, и найдите ее спутник Алькор (4,0). В телескоп можно увидеть, что Мицар сам по себе является двойной звездой, один компонент которой заметно ярче другого. Между парой Алькор — Мицар есть очень тусклая звездочка, удаленная от нас на значительно большее расстояние и случайно оказавшаяся на той же линии зрения.

Две последние звезды в созвездии Большой Медведицы: Альфа, или Дубхе (1,8), и Бета, или Мерак (2,4), иногда называются «указателями», поскольку они указывают путь к Полярной звезде (2,0) в созвездии Малой Медведицы. Даже невооруженным глазом вы можете видеть, что Дубхе и Мерак не похожи друг на друга: Дубхе оранжевая, а Мерак сияет



Звездная карта зимнего неба в северном полушарии

чистым белым светом. Это означает, что Дубхе имеет меньшую температуру на поверхности, хотя она расположена дальше от нас и значительно превосходит Мерак по абсолютной светимости. Другие звезды Ковша — это Эпсилон, или Алиот (1,8), Эта, или Алькаид (1,9), Дзета, Гамма, или Фекда (2,4), и Дельта, или Мегрец (3,3). Хотя Мегрец получил четвертую букву греческого алфавита, его звездная величина меньше, чем у других звезд Ковша. Были предположения, что он постепенно тускнел в течение последних двух тысяч лет, но это кажется маловероятным — класс звезды не позволяет ожидать заметных изменений в светимости за несколько столетий. Она находится на расстоянии 60 световых лет от нас и в 17 раз ярче Солнца.

Определите местонахождение Полярной звезды, следуя вдоль линии «указателей». **Малая Медведица** напоминает более тусклый и искаженный ковш Большой Медведицы, изгибающийся по направлению к Мицару и Алькаиду, но содержит лишь одну яркую звезду, Бету, или Кохаб (2,1). Как и Дубхе, Кохаб имеет отчетливый оранжевый оттенок.

Дракон — длинное, «разлапистое» созвездие, расположенное в этой части небосвода. В нем нет действительно ярких звезд, но одну из них стоит поискать. Почти между Алькаидом и Кохабом вы можете обнаружить Тубан, или Альфу Дракона (3,6). С виду это ничем не примечательная звездочка, но во времена строительства египетских пирамид именно она была северной полярной звездой небосвода.

Если вы продолжите прямую линию от «ука-
внителей» за Полярную звезду, то попадете в
созвездие **Кассиопеи**, пять главных звезд кото-
рого образуют рисунок в виде буквы W или
М. Три самых ярких звезды почти достигают
второй величины; Альфа, или Шедир, имеет
красноватый оттенок, и хотя ее официальная ве-
личина составляет 2,2, у нее есть некоторые
признаки переменной звезды. Гамма Кассио-
пеи, средняя звезда в букве W, определенно явля-
ется переменной — время от времени она вспы-
хивает и достигает звездной величины 1,6, хотя
обычно это значение заметно ниже 2.

Примерно между Малой Медведицей и Кас-
сиопеей мы обнаруживаем созвездие **Цефея**,
заметное благодаря присутствию двух ярких пе-
ременных звезд, одна из которых (Дельта Це-
фея) дала название целому классу короткопери-
одичных переменных звезд. Я подробнее рас-
скажу об этом в главе 14.

В конце января созвездие **Льва** вечером пока-
зывается над горизонтом; к концу зимы оно
поднимается высоко после наступления сумерек.
Чтобы найти его, воспользуйтесь «указателями»
в направлении, противоположном Полярной
звезде, — совпадение не совсем точное, но этого
вполне достаточно. На западе расположен
квадрат Пегаса, главного осеннего созвездия, за-
ходящий за горизонт; для ориентировки можно
воспользоваться двумя звездами в букве W соз-
вездия Кассиопеи.

Теперь обратимся к **Ориону**, который стоит
высоко на юге. Здесь мы имеем отчетливый
рисунок с двумя яркими звездами: Альфа, или

Бетельгейзе (переменная звезда, величина которой обычно составляет 0,6), и Бета, или Ригель (0,1).

Остальные звезды в главной части созвездия — это Гамма, или Беллатрикс (1,6), Каппа, или Саиф (2,1), и три звезды пояса Ориона: Эпсилон, или Аль-Нилам (1,7), Дзета, или Аль-Нитак (1,8), и Дельта, или Минтака (2,2). Все они горячие и голубовато-белые. Минтака расположена практически на небесном экваторе. Ригель, которому на самом деле следовало бы присвоить букву а, а не (3, — настоящий космический маяк, который светит по меньшей мере в 60 000 раз ярче Солнца и находится на расстоянии около 900 световых лет.

Ниже пояса Ориона вы можете видеть туманное пятно. Это туманность Ориона, № 42 в знаменитом каталоге, составленном французским астрономом Шарлем Месье в 1781 году. Это место рождения множества звезд находится на расстоянии более 1000 световых лет и сияет так ярко потому, что освещается тройной звездой Тэта Ориона со стороны, обращенной к Земле.

Пояс Ориона указывает вниз на Сириус в созвездии **Большого Пса**, ярчайшую звезду ночного неба (-1,5).

Цвет Сириуса белый, без оттенков, но поскольку в британском небе он всегда находится довольно низко над горизонтом, то кажется, будто он переливается всеми цветами радуги. Такое «подмигивание» не имеет ничего общего с самой звездой и обусловлено нестабильностью земной атмосферы, преломляющей лучи света

настоящими соседями; Поллукс находится в 36 световых годах от нас, а Кастор — в 45 световых годах. Поэтому Кастор (1,6) сияет заметно слабее, чем Поллукс (1,1). Поллукс оранжевый, а Кастор белый и, кстати, является превосходной двойной звездой.

Созвездие Близнецов пересекается Млечным Путем и ограничено линиями звезд, отходящими от Кастора и Поллукса в общем направлении к Бетельгейзе. Гамма Близнецов, или Альхена (1,9), довольно заметна, а чуть ниже мы обнаруживаем красивое рассеянное скопление М.35 по каталогу Мессье.

Три звезды пояса Ориона указывают путь к Альдебарану, или Альфе Тельца (0,8), который еще называют Глазом Быка. Он далеко не такой яркий, как Бетельгейзе, но имеет сходный оттенок. От Альдебарана в форме буквы V отходит рассеянное звездное скопление **Гиад**.

Еще немного дальше от Ориона находится рассеянное звездное скопление **Плеяд**, или Семи Сестер,— без сомнения, самое известное в своем классе и хорошо различимое невооруженным глазом. Созвездие **Тельца** не имеет четких очертаний, но присутствие Альдебарана и двух рассеянных звездных скоплений позволяет безошибочно находить его.

Капелла в созвездии **Возничего** находится почти прямо над головой. Ее звездная величина составляет 0,1; подобно Солнцу, она имеет желтоватый оттенок, но гораздо ярче, и на самом деле является системой из двух звезд, расположенных очень близко друг к другу. Возничий очерчен грубым четырехугольником звезд, одна

из которых, Аль-Нат, довольно яркая (1,6). Раньше Аль-Нат входил в это созвездие, но по какой-то неведомой причине получил право на переход в созвездие Тельца и теперь официально известен как Бета Тельца.

С востока к Возничему примыкает богатое созвездие **Персея**, возглавляемое Альфой Персея, или Мирфаком (1,8). Но наиболее известна Бета Персея, или Алголь, которая обычно является звездой второй величины, но тускнеет до третьей величины каждые два с половиной дня. Это происходит потому, что Алголь является двойной системой, и его яркость уменьшается, когда более тусклая звезда проходит перед основной и затмевает ее.

Между Персеем и квадратом **Пегаса** мы видим **Андромеду**, отмеченную линией ярких звезд, которые лучше всего видны осенними вечерами.

На юго-западе расположено довольно невыразительное созвездие Кита, а под Андромедой находится Овен, всегда считавшийся первым созвездием Зодиака, хотя точка весеннего равноденствия давно переместилась в созвездие Рыб, ничем не примечательное во всех отношениях.

Весенние вечера (северное полушарие)

Поздним вечером в апреле Орион почти исчезает на западе, хотя часть его «свиты» остается заметной. Большая Медведица находится почти в зените, а **Капелла** — на северо-западе.

Следуйте за «хвостом» Большой Медведицы (Алиот, Мицар, Алькаид), и вы придете к яркой оранжевой звезде Арктуру. Его звездная величина колеблется возле нулевой отметки (-0,04), и он является ярчайшей звездой небосвода над Британией, если не считать Сириуса.

Это главная звезда созвездия **Волопаса**, расположенного заметно севернее небесного экватора, хотя большая его часть не является циркумпольной на широте Лондона. Оно имеет отчетливый рисунок, напоминающий букву Y, одна из ветвей которой принадлежит не Волопасу, а маленькому созвездию **Северной Короны** — одному из немногих, напоминающих тот предмет, в честь которого оно названо. Это маленький полукруг, и лишь одна из звезд, Альфекка*, или Альфа Северной Короны, достигает второй величины.

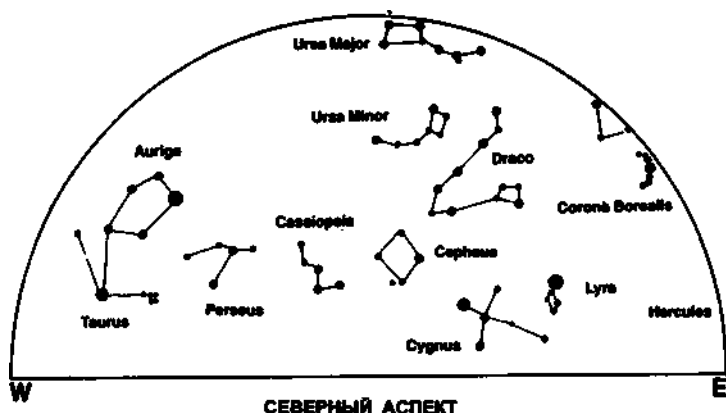
Следуйте вдоль линии Большая Медведица — Арктур, немного изогнув ее, и вы придете к Спике (1,0) в созвездии **Девы**. Спика — белая звезда примерно в 2000 раз ярче Солнца, удаленная на 250 световых лет. Остальная часть созвездия Девы имеет довольно отчетливую Y-образную форму и занимает большой участок небосвода. Звезда у основания Y, Гамма Девы (2,7) — великолепная переменная с почти одинаковыми компонентами.

В «чаше» Девы находится скопление галактик, а между Девой и Большой Медведицей расположено созвездие **Волосы Вероники** — рыхлая, протяженная группа, состоящая при-

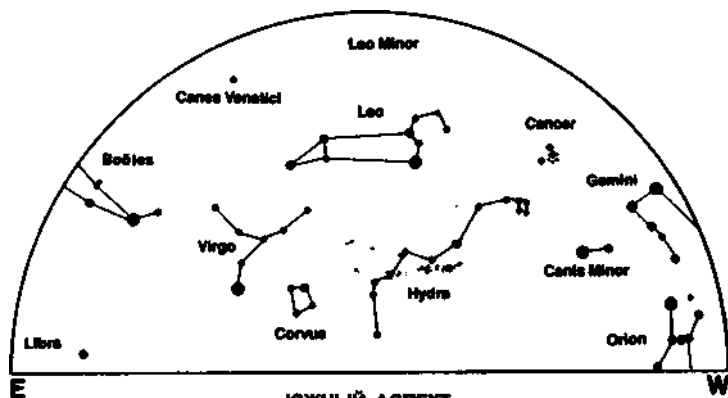
* Более распространенное название — Гемма. — Прим. ред.

мерно из 50 слабых звезд и видимая невооруженным глазом как тусклое световое пятно на небосводе.

Как мы уже говорили, созвездие **Льва** определяется по «указателям» Большой Медведицы в направлении, противоположном Полярной



СЕВЕРНЫЙ АСПЕКТ



ЮЖНЫЙ АСПЕКТ

Звездная карта весеннего неба в северном полушарии

звезде. Его основную часть образует «серп», больше похожий на зеркальное отражение вопросительного знака.

Самой яркой звездой является Регул (1,3), а Гамма Льва, или Альгиеба (2,0), — четкая двойная звезда, хорошо различимая в телескоп. В стороне от «серпа» находится треугольник звезд: Бета Льва, или Денебола (2,1), Дельта (2,6) и Тета (3,3). Многие астрономы в прошлом считали Денеболу звездой первой величины, равной Регулу. Теперь она значительно тусклее, хотя сомнительно, что произошла какая-то реальная перемена. Скорее всего, мы имеем дело с ошибками в переводе или интерпретации.

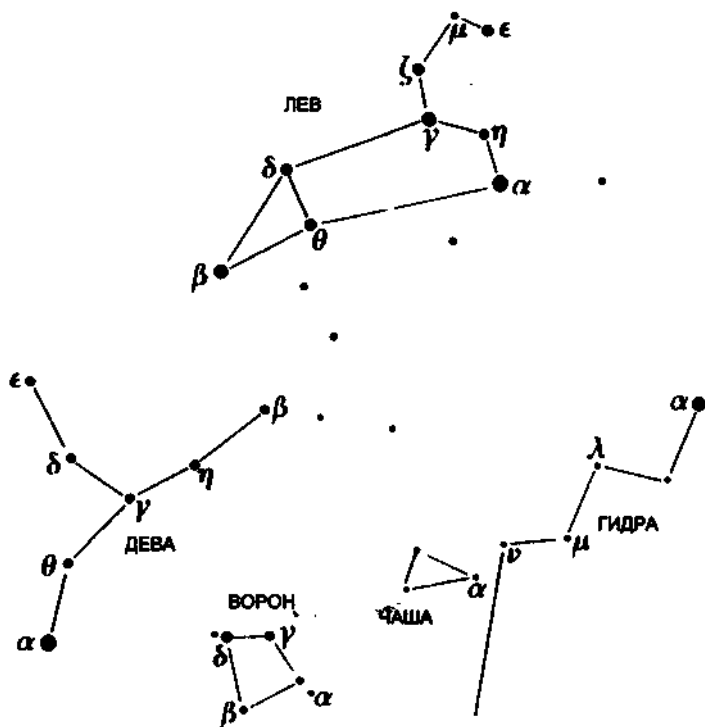
Теперь найдите Альфард, или Альфу Гидры. Она имеет отчетливый красноватый оттенок, ее еще называли «звездой-отшельницей», потому что поблизости нет других ярких звезд. Лучше всего искать ее на линии, проведенной через Кастор и Поллукс в созвездии Близнецов.

Гидра — самое большое созвездие на небосводе, раскинувшееся от окрестностей Близнецов до южной оконечности Девы, но оно содержит мало объектов, имеющих непосредственный интерес для любителей. К нему примыкают два малых созвездия, **Чаша** и **Ворон**.

Звезды в созвездии Чаши очень тусклые, но Ворон достаточно заметен; он находится неподалеку от Спики, и четыре его главных звезды, величиной от 2,5 до 3,0, легко определить даже без помощи бинокля.

Летние вечера (северное полушарие)

Орион исчезает с небосвода; Большая Медведица находится на северо-востоке. Лев и Дева стоят низко на западе, а Пегас начинает появляться в поле зрения на востоке. Капелла находится в самой низкой точке, и на широте Лондона она почти касается северного горизонта,



Область созвездия Льва

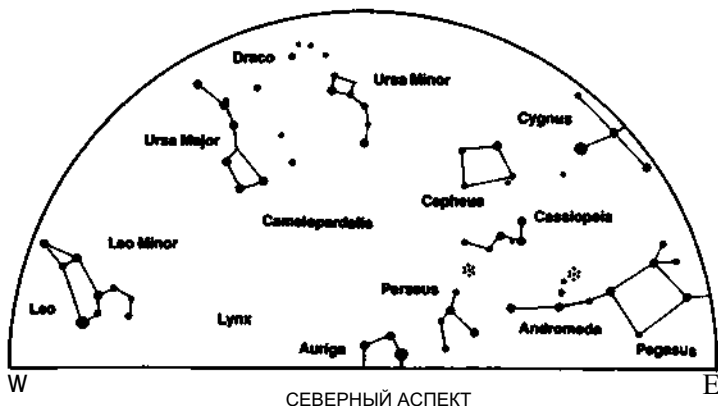
так что любой туман или световое загрязнение скрывает ее из виду.

На сцене доминируют три ярких звезды: Вега (0,0), Альтаир (0,8) и Денеб (1,2). Несколько лет назад, выступая в телепередаче, я случайно назвал их «летним треугольником», и с тех пор название прижилось, хотя оно совсем не официальное и не относится к южному полушарию. Вега находится в созвездии **Лиры**, Альтаир — в созвездии **Орла**, а Денеб — в созвездии **Лебедя**. По абсолютной светимости Денеб является несомненным лидером и почти в 70 000 раз превосходит Солнце; он так далеко, что сейчас мы видим его таким, каким он был во времена Римской империи. Вега находится в 26 световых годах от нас, а Альтаир — лишь в 17.

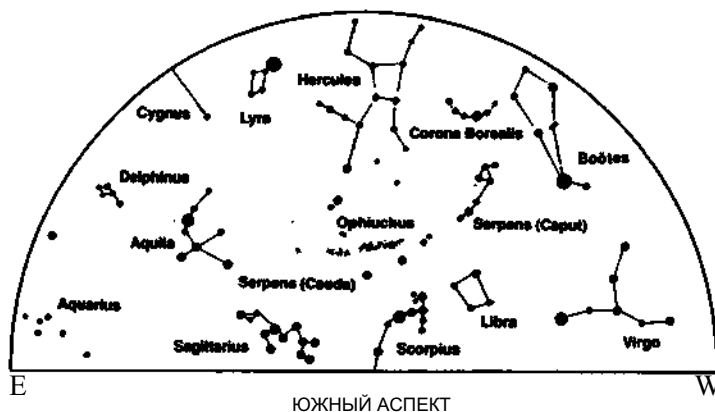
Летним вечером Вега стоит почти в зените. Она имеет красивый голубой оттенок и при наблюдении в бинокль представляет собой замечательное зрелище. Небольшое созвездие Лиры содержит много интересных объектов — к примеру, систему из двух двойных звезд Эпсилон Лиры, затменно-переменную звезду Бета Лиры и самую знаменитую из всех планетарных туманностей М.57, или Кольцо, легкий объект для наблюдения в телескоп. Как и все планетарные туманности, это не настоящая туманность, а просто очень старая звезда, чей внешний слой образует вокруг нее кольцообразную структуру.

Альтаир (Альфа Орла) расположен заметно ниже; это единственный член «летнего треугольника», который не является циркумполярным (незаходящим) на широте Лондона. Его особен-

но легко определить, так как по обе стороны от него находятся две более слабых звезды: оранжевая Гамма (2,7) и белая Бета (3,7). Созвездие Орла выделяется довольно четко, и его линии действительно создают впечатление птицы в полете. В своей южной оконечности Млечный Путь богат интересными объектами,



СЕВЕРНЫЙ АСПЕКТ



ЮЖНЫЙ АСПЕКТ

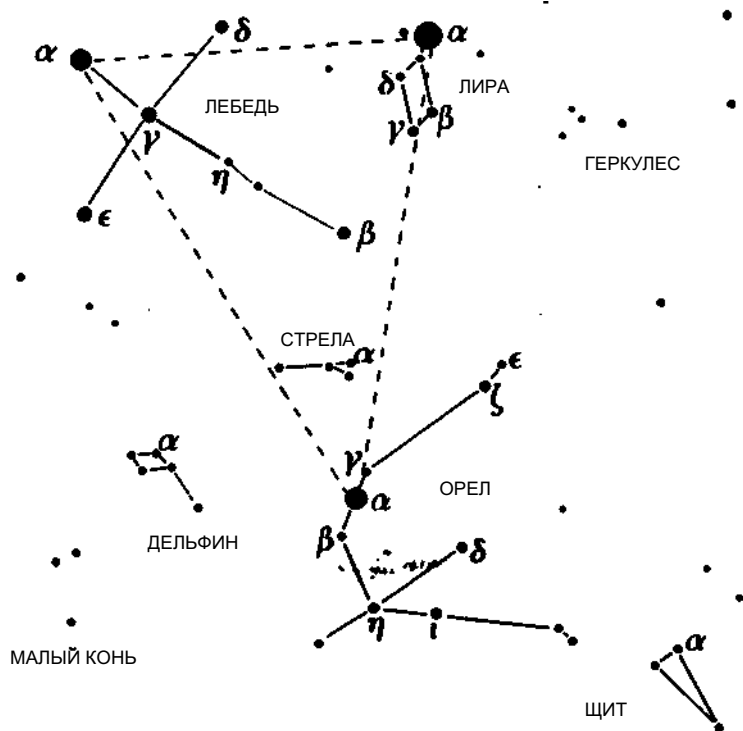
Звездная карта летнего неба в северном полушарии

и здесь мы имеем маленькое созвездие Щита со звездным скоплением М.16, получившим прозвище «Дикая Утка».

Созвездие Лебедя по очевидным причинам известно как Северный Крест. Центральная звезда креста — Гамма Лебедя (2,2). Альби-рео, или Бета Лебедя (3,1) слабее остальных и расположена дальше от центра, так что нарушает симметрию, но как бы в компенсацию за это при наблюдении в телескоп оказывается превосходной двойной звездой с золотисто-желтым основным компонентом и ярко-голубым спутником. На фоне созвездия Лебедя видны темные «провалы» в Млечном Пути, образованные массами непрозрачного вещества, которое задерживает свет фоновых звезд. В этой области есть также несколько малых созвездий, одно из которых (**Дельфин**) очень похоже на рассеянное звездное скопление; новички в астрономии часто по ошибке принимают его за Плеяды.

Область, ограниченная линиями, соединяющими Вегу, Альтаир и Арктур, занята тремя крупными, но тусклыми и плохо сформированными созвездиями: **Геркулесом**, **Змееносцем** и **Змеей**. Единственной яркой звездой здесь является Альфа Змееносца (2,1). Честно говоря, это довольно сложный участок для наблюдения, и немногие объекты здесь заслуживают упоминания для любителя, кроме шарового скопления М.13 в созвездии Геркулеса, которое можно увидеть невооруженным глазом ясной ночью. Звезда Альфа Геркулеса является красной переменной, величина которой изменяется от 3,0 до 4,0.

Очень низко на севере стоят два величественных зодиакальных созвездия, **Скорпион** и **Стрелец**, которые частично никогда не восходят над Лондоном. В Скорпионе главенствует Антарес (1,0). Он огненно-красный, и его название означает «соперник Ареса». Кроме него, в созвездии Скорпиона есть много интересных объектов — например, два рассеянных звездных скопления, видимых невооруженным глазом. Это М.6 (Бабочка) и М.7.



Область «летнего треугольника»

Линия ярких звезд, образующих созвездие Скорпиона, определяется безошибочно, и англичане всегда сожалеют, что в наших широтах его нельзя увидеть в полной красе.

Стрелец не имеет определенной формы, хотя раньше его называли «чайной чашкой». Его самой яркой звездой, легко различимой невооруженным глазом, является Сигма, или Нунки (2,0). Млечный Путь исключительно красив в созвездии Стрельца; здесь можно видеть великолепные «звездные облака», не дающие нашему взору проникнуть в таинственные области центра Галактики.

Между Скорпионом и Девой расположено невзрачное зодиакальное созвездие **Весов**. Говорят, что его ярчайшая звезда, Бета Весов, является единственной, которая имеет зеленоватый оттенок при наблюдении невооруженным глазом, хотя большинство людей с уверенностью назовут ее белой. Заметьте, что Змееносец вторгается в пояс Зодиака между Скорпионом и Стрельцом, поэтому планеты могут проходить через это созвездие, хотя оно официально не считается зодиакальным.

Осенние вечера (северное полушарие)

Ради справедливости стоит отметить, что осенью небо менее яркое, чем в любое другое время года. Скорпион и Стрелец исчезают; Орион еще не появился, а Большая Медведица находится в самом нижнем северном положении, хотя довольно высоко над горизонтом. «Летний

треугольник» по-прежнему виден, теперь к западу от зенита, а Капелла восходит на северо-востоке.

Капелла и Вега расположены по разные стороны от Полярной звезды и примерно на одном расстоянии от нее, поэтому, когда Вега стоит высоко, Капелла опускается к горизонту, и наоборот.

Главным осенним созвездием является **Пегас**, названный в честь мифологического летающего коня.

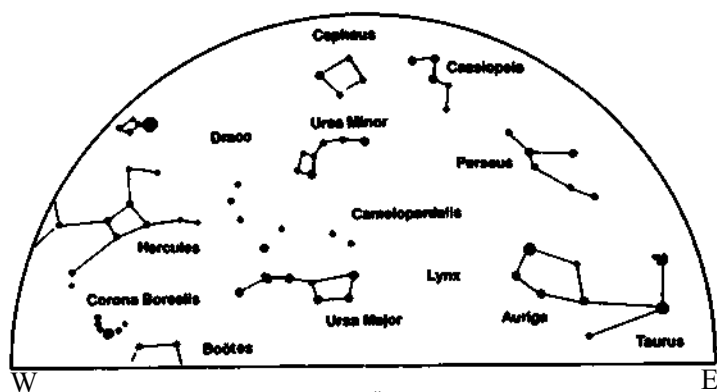
Четыре основные звезды образуют довольно отчетливый квадрат, хотя на некоторых картах он выглядит меньше и ярче, чем на самом деле. Вершинами этого квадрата являются Альферац (2,1), Бета Пегаса, или Шеат (переменная от 2,0 до 2,8), Альфа Пегаса (2,5) и Гамма Пегаса (2,8).

Альферац раньше был известен как Дельта Пегаса, но в результате очередного сомнительного переноса оказался в созвездии Андромеды. Единственная другая яркая звезда в созвездии Пегаса — Эпсилон (2,4) — расположена к западу от квадрата.

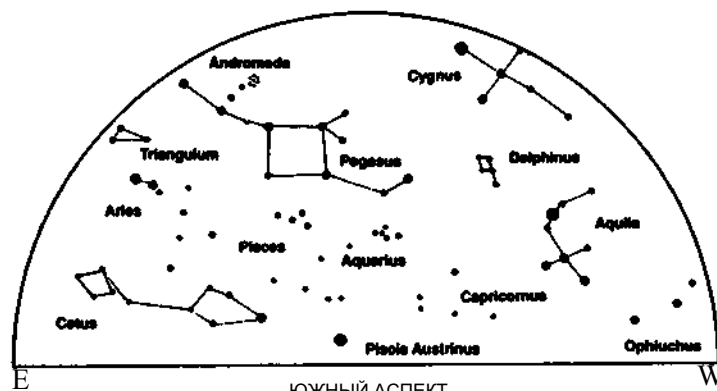
Область Пегаса не богата интересными объектами, и там находится не так уж много звезд, видимых невооруженным глазом. Бета Пегаса имеет отчетливый оранжевый оттенок, а другие три звезды квадрата ярко-белые.

Созвездие **Андромеды** отмечено линией звезд средней яркости; наиболее известным объектом здесь является Великая Спираль М.31, на пределе видимости без оптических приборов.

Пегас можно использовать, чтобы найти Фомальгаут в созвездии **Южной Рыбы** — самую южную из звезд первой величины, видимых с территории Британии. Фомальгаут является сравнительно близким соседом: до него лишь 22 световых года. Это белая звезда, светимость которой в 13 раз превосходит солнечную.



СЕВЕРНЫЙ АСПЕКТ



ЮЖНЫЙ АСПЕКТ

Звездная карта осеннего неба в северном полушарии

Область Пегаса

ны 1,6, но лишь несколько недель в году видимая невооруженным глазом.

И наконец, поищите три больших, но тусклых зодиакальных созвездия. Созвездие Рыб состоит из длинной линии слабых звезд ниже Пегаса; созвездия Водолея и Козерога лежат более или менее между Пегасом и Фомальгаутом. Альфа Козерога — двойная звезда, различимая в любой бинокль. Больше здесь нет ничего интересного, но возле Беты Водолея мы можем найти довольно яркое шаровое скопление М.2 по каталогу Мессье.

Это описание вечернего неба в годовом цикле является очень неполным, и многие малые созвездия в нем вообще не упоминаются. Но оно может послужить отправным пунктом: когда вы определите главные созвездия, то будете готовы обратиться к более подробной звездной карте.

А теперь давайте перейдем к Южному полушарию и переместимся, скажем, на широту Йоханнесбурга в Южной Африке (26° южной широты). Картину звездного неба, описанную на следующих страницах, большей частью можно наблюдать в Южной Африке и Австралии. Для Новой Зеландии нужно ввести некоторые поправки; к примеру, Капелла никогда не восходит над частью южного острова, хотя ее можно видеть над горизонтом с остальной территории страны.

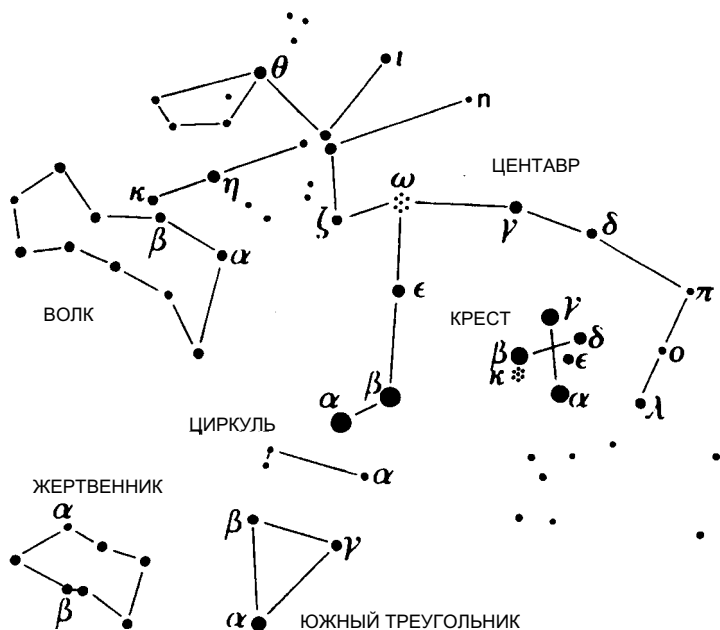
Первая проблема заключается в том, что на юге нет яркой полярной звезды. Ближайшим

кандидатом является тусклая Сигма Октанта, и вся полярная область зияет угнетающей пустотой. Орион оказывает бесценную помощь, когда его можно видеть, но зимой он вообще не показывается из-за горизонта. Созвездие Большой Медведицы бесполезно. Оно может набрать некоторую высоту над Дарвином в Австралии и частично восходит над Южной Африкой, но лишь огибает горизонт и не появляется надолго. Жители Новой Зеландии вообще никогда не видят это созвездие.

Самым знаменитым созвездием дальнего юга, несомненно, является **Южный Крест**. Это очень маленькое созвездие, но в нем много интересных объектов. По форме оно больше похоже на воздушного змея, чем на крест, так как в нем нет центральной звезды, и в любом случае симметрия нарушается, поскольку одна звезда значительно более тусклая, чем три остальные. Четыре главные звезды — Альфа (0,8), Бета (1,2), Гамма (1,6) и Дельта (2,8). Три из них белые и горячие, а четвертая, Гамма Южного Креста, является красным гигантом; в бинокль хорошо виден ее красивый оттенок. Альфа Южного Креста — типичная двойная звезда, различимая почти в любой телескоп. Отметьте также изящное звездное скопление вокруг Каппы Южного Креста, названное Ювелирной Шкатулкой, и темную туманность, известную под названием Угольный Мешок.

Южный Крест практически окружен созвездием Центавра и до 1679 года был включен в него. Линия, проведенная через самые яркие звезды, Альфа (-0,3) и Бета (0,6) Центавра, ука-

зывает на Южный Крест. Здесь внешний вид снова обманывает нас: Альфа Центавра является одной из ближайших звезд, которая находится на расстоянии немногим более четырех световых лет от нас, а Бета — настоящий гигант со светимостью в 10 000 раз больше солнечной, удаленный на расстояние 450 световых лет. Как и Альфа Южного Креста, это легко различимая в телескоп двойная звезда. Ближайшая к нам звезда Проксима Центавра принадлежит к той же группе, но она очень тусклая; ее связь с Альфой Центавра представляется весьма неопределенной.



Область Южного Креста

Ахернар в созвездии Эридана находится на противоположной стороне Южного полюса; его звездная величина составляет 0,5, и он почти в 800 раз ярче Солнца.

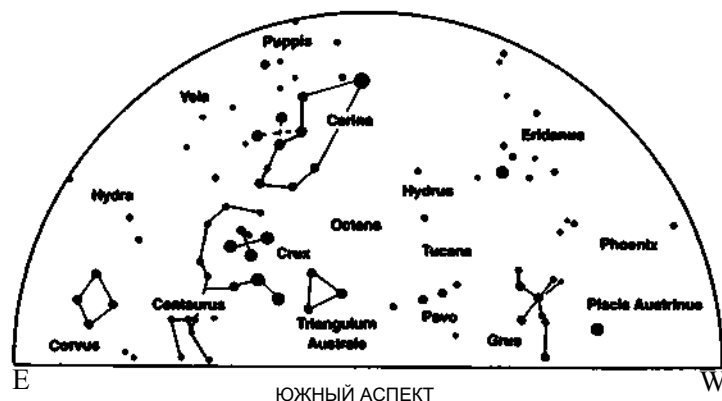
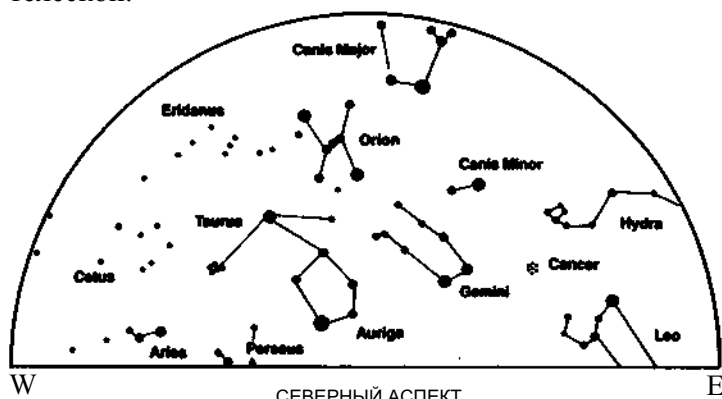
Один из наиболее надежных способов определения Южной полярной зоны — это поиск точки, расположенной посередине между созвездием Южного Креста и Ахернаром. Но там нет ярких звезд, и при малейшей дымке или тумане вся эта область кажется совершенно пустой.

Летние вечера (южное полушарие)

В начале года Орион стоит высоко на севере. С точки зрения наблюдателя в Южном полушарии, Ригель находится в верхней части созвездия, а Бетельгейзе внизу, причем туманность М.42 занимает положение над поясом Ориона. Сириус стоит высоко в небе, поэтому он «мигает» и вспыхивает гораздо реже, чем при наблюдении с Британских островов. Капелла находится низко над северным горизонтом; Южный Крест восходит на юго-востоке вместе с двумя яркими звездами, Альфой и Бетой Центавра.

Канопус (-0,7) стоит, высоко над горизонтом; это главная звезда **Киля** из старого созвездия Корабля Арго. К Килью примыкают созвездия **Парусов** и **Кормы**, а вместе они занимают большую часть небосвода между Южным Крестом и Сириусом. Млечный Путь здесь очень ярк, встречаются туманности и звездные скопления, а также заметные звезды, например

Бета Киля (1,9). Есть довольно красивое рассеянное скопление около Теты Киля (2,8), а Эта Киля является самой хаотичной переменной звездой на ночном небе, которая когда-то сияла даже ярче Канопуса, но теперь неразличима невооруженным глазом. Она связана с небольшой туманностью и хорошо видна даже в слабый телескоп.



Звездная карта летнего неба в южном полушарии

Отметьте также «ложный крест», который частично находится в созвездии Киля, а частично — в созвездии Парусов. Его легко перепутать с Южным Крестом, но он крупнее, менее яркий и более симметричный. Он образован звездами Эпсилон Киля (1,9), Йотой Киля (2,2), Дельтой Парусов (2,0) и Каппой Парусов (2,5). Как и в настоящем кресте, в нем три белых звезды и одна оранжевая — в данном случае, Эпсилон Киля.

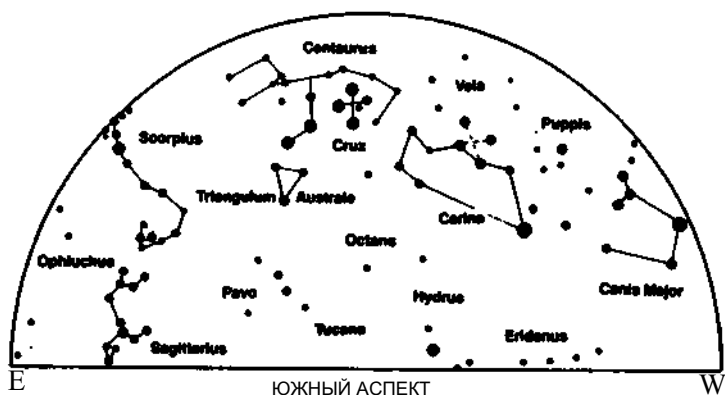
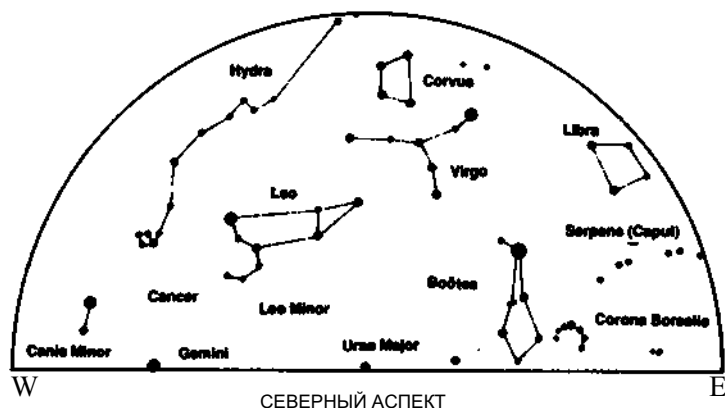
Теперь перейдем к маленькому созвездию **Живописца** рядом с Канопусом. Оно содержит одну звезду, представляющую особый интерес: Бету Живописца (3,8), которая вполне может быть центром планетной системы.

Эридан — очень длинное созвездие, протягивающееся от Ахернара на дальнем юге до Ориона, но оно содержит мало интересного, кроме отчетливой двойной звезды Акамар, или Теты Эридана (2,9). **Гидра** занимает обширный участок в восточной части, а созвездие **Льва** только начинает появляться.

Осенние вечера (южное полушарие)

Созвездия **Южного Креста** и **Центавра** теперь находятся рядом с зенитом, а Ахернар стоит очень низко над горизонтом. Канопус и другие звезды бывшего созвездия **Корабля** смещаются к западу; Орион исчезает поздними вечерами, но Сириус остается. **Гидра** протягивается поперек зенита в северном аспекте вместе с четырехугольником Ворона.

Созвездия Девы, Волопаса и Льва можно видеть на севере. Скорпион теперь довольно заметен; можно сказать, что он соперничает с Орионом своим блеском, и одна из его звезд, Шаула, или Ламбда Скорпиона (1,6), лишь немного уступает официальному списку звезд первой величины. Рядом с ним находится Лисат,



Звездная карта осеннего неба в южном полушарии

или Ипсилон Скорпиона (2,7). Эти две звезды создают впечатление двойной системы с удаленными компонентами, но на самом деле между ними нет никакой связи; Лисат находится на заднем плане и в четыре раза дальше от нас, чем Шаула.

Зимние вечера (южное полушарие)

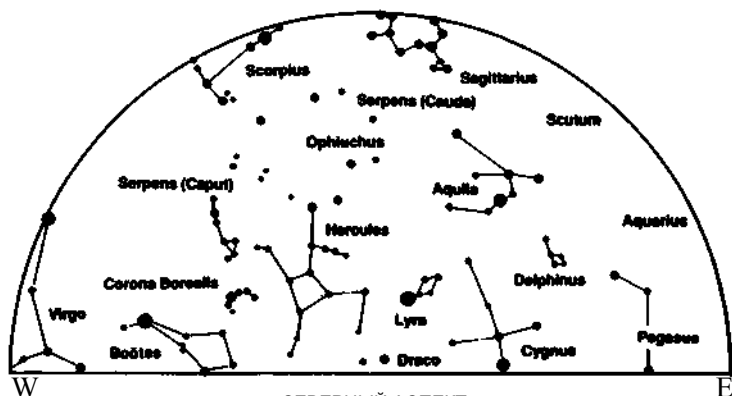
На сцене доминирует **Скорпион**, который находится почти над головой; здесь же и Стрелец с его величественными звездными облаками. Это лучшее время в южном полушарии для наблюдения так называемого «летнего треугольника»: Альтаир стоит довольно высоко, но Вега и Денеб всегда очень низко над горизонтом. Арктур заходит на западе, и большая часть северного аспекта небосвода занята большими, тусклыми созвездиями **Геркулеса**, **Змеи** и **Змееносца**.

Южный Крест по-прежнему стоит высоко над горизонтом на юго-западе, а Фомальгаут на востоке; **Канопус** находится так низко, что едва заметен. Высоко на юге мы видим четыре **Южные Птицы: Журавля, Павлина, Тукана и Феникса**.

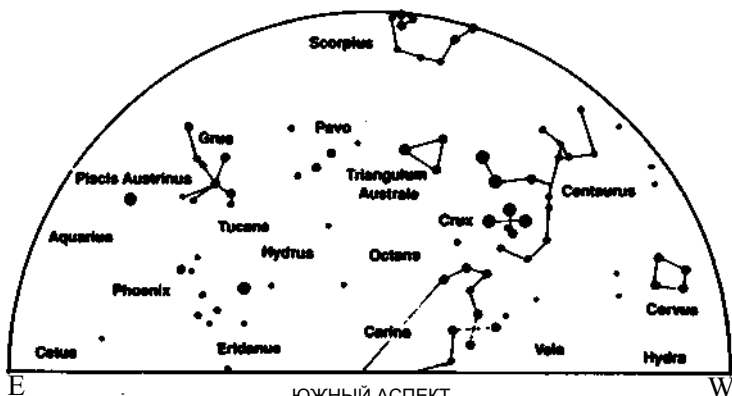
Это довольно запутанный участок, где только созвездие Журавля имеет четкие очертания. Две его главных звезды, Альфа (1,7) и Бета (2,1), соответственно белая и оранжевая. Изогнутую линию звезд, отходящую от Альфы, легко найти; две из них, Дельта (4,0) и Мю (4,8),

похожи на двойные, хотя в обоих случаях мы имеем дело с оптическими эффектами.

Невыразительность созвездия Тукана искупает присутствие **Малого Магелланова Облака**, а также шарового скопления 47 Тукана. Созвездие кажется едва ли не силуэтом на фоне Магелланова Облака, но оно, конечно же, является



СЕВЕРНЫЙ АСПЕКТ



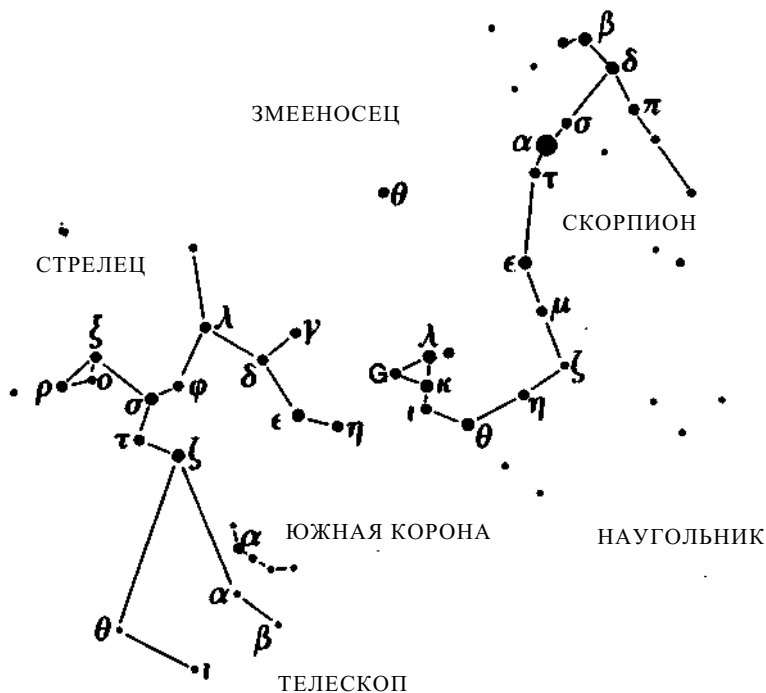
ЮЖНЫЙ АСПЕКТ

Звездная карта зимнего неба в южном полушарии

инстыю нашей Галактики, в то время как Облако — независимая система, отделенная от нас расстоянием в 170 000 световых лет.

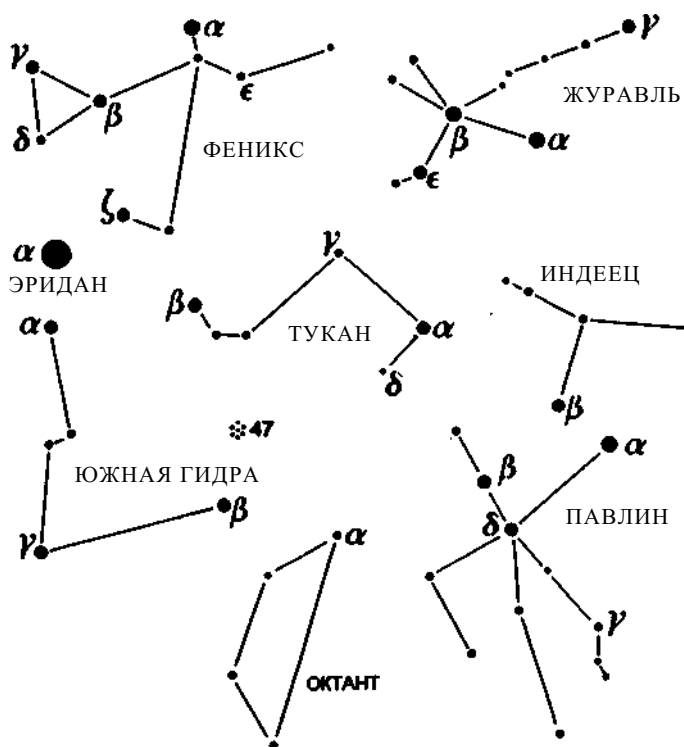
Так же высоко в небе стоит **Большое Магелланово Облако**. Оно немного ближе к нам и такое яркое, что остается видимым даже при Свете полной Луны.

Там можно обнаружить большую туманность **Тарантула**, размер которой гораздо больше туманности Ориона; если бы она находилась на



расстоянии хотя бы тысячи световых лет от нас, то могла бы отбрасывать тени.

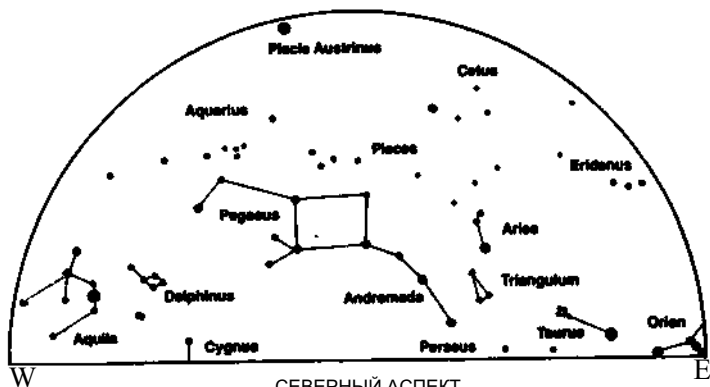
На первый взгляд Магеллановы Облака кажутся отдельными участками Млечного Пути, но для астрономов они принадлежат к очень важным самостоятельным объектам на небе.



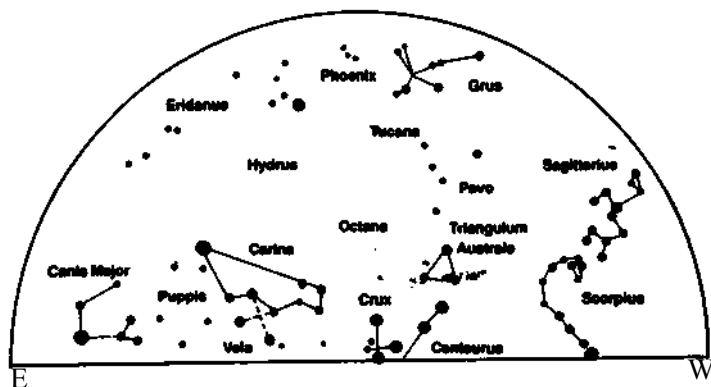
Область Южных Птиц

Весенние вечера (южное полушарие)

В начале октября Орион начинает появляться на востоке. Южный Крест стоит очень низко, и это означает, что Ахернар близок к зениту. То же самое относится к Фомальгауту, который в это время кажется удивительно ярким



СЕВЕРНЫЙ АСПЕКТ



ЮЖНЫЙ АСПЕКТ

Звездная карта весеннего неба в южном полушарии

для наблюдателя в северном полушарии. Канопус восходит на востоке, а Скорпион и Стрелец заходят на западе.

На севере хорошо заметен Пегас, и от него к горизонту протягивается цепочка звезд, образующих созвездие Андромеды. Вега и Денеб исчезают из «летнего треугольника», хотя Альтаир по-прежнему можно видеть низко над западным горизонтом.

Я сознаю, что этот обзор звездного неба представляет собой лишь немногим большее, чем сухое перечисление фактов, но на первое время этого будет достаточно. Когда вы определите рисунок главных созвездий, вам не понадобится много времени, чтобы распознать остальные. Помните, на небосводе существует лишь несколько тысяч звезд, которые можно увидеть невооруженным глазом.

ДВОЙНЫЕ И ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Теперь, после короткой экскурсии по звездному небу в разные времена года и в разных частях света, пора рассказать подробнее о различных звездах и их классификации. К примеру, есть двойные, тройные и вообще кратные звезды; есть звезды, изменяющие свой блеск и температуру поверхности за короткие периоды времени; есть звезды, проходящие через вспышки бурной активности, которые неожиданно разгораются и остаются яркими в течение нескольких дней, недель или даже месяцев, прежде чем потускнеть снова.

Как мы уже говорили, наиболее известной двойной звездой является Мицар, Дзета Большой Медведицы. Это звезда второй величины, но совсем рядом с ней находится гораздо более тусклая звездочка Алькор (одна из немногих тусклых звезд, имеющая общеупотребительное название; официально это № 80 Большой Медведицы).

Алькор довольно легко увидеть даже при средних условиях наблюдения, и он обычно ассо-

циируется с Мицаром, хотя их разделяет два световых года. Они движутся в одном направлении и, вероятно, имеют общее происхождение.

При наблюдении в телескоп сам Мицар оказывается двойной звездой; звездные величины его компонентов составляют 2,3 и 4,0, и они разделены лишь пятнадцатью секундами дуги. Оба белые и гораздо более яркие, чем Солнце; Мицар А излучает света в 58 раз больше Солнца, а его спутник Мицар В — в 12 раз. Они движутся вокруг общего центра масс, но их разделяет по меньшей мере 40 миллиардов миль, поэтому период обращения составляет десятки тысяч лет.

Мицар является типичной двойной звездой — то есть физически связанной системой, — но это не относится ко всем двойным звездам. Есть также оптические двойные звезды, когда одна звезда находится, так сказать, на заднем плане и случайно перекрывается другой звездой*. Такова Тета Тельца в скоплении Гиад возле Альдебарана. Звездные величины ее «компонентов» равны соответственно 3,4 и 3,8, и они разделены на 338 секунд дуги, поэтому их можно видеть отдельно невооруженным глазом: более яркая звезда белая, а ее спутник имеет оранжевый оттенок. Но на самом деле оранжевая звезда почти в два раза дальше от нас, чем ее белый «спутник», и между ними нет никакой связи. Если бы мы наблюдали их с

* Для обозначения таких объектов в литературе часто используется также наименование «визуально двойные звезды». — Прим. ред.

другой наблюдательной точки в Галактике, они вполне могли бы находиться на противоположных сторонах небосвода.

Довольно удивительно, что оптические двойные звезды встречаются гораздо реже обычных, и возможно даже, что одиночные звезды, такие, как наше Солнце, являются скорее исключением, чем правилом. Звезды обнаруживают хорошо выраженную тенденцию к «стадности».

Такие двойные звезды, как Мицар, обычно имеют очень долгий период обращения, и их конфигурация не меняется в течение нескольких веков, но в других случаях изменения становятся заметными уже через десятки лет.

У Гаммы Девы, расположенной в «чашке» созвездия Девы, период обращения составляет лишь 171,4 года; компоненты имеют одинаковую звездную величину 3,5. Когда я впервые посмотрел эту пару в 1930-х годах, их можно было видеть отдельно даже в слабый телескоп, но в наши дни они значительно приблизились друг к другу, а к 2010 году они сойдутся так близко, что Гамма Девы будет казаться обычной звездой, и ее двойную природу можно будет распознать с помощью гигантского телескопа или спектрального анализа. Разумеется, это не означает, что компоненты двойной звезды действительно приближаются друг к другу; просто мы видим их под менее благоприятным углом, и после 2020 года они снова начнут разделяться.

У Альфы Центавра, наиболее яркой звезды в системе Альфа и Бета Центавра, период обращения составляет лишь 80 лет, поэтому

«разделение» и «сближение» чередуются довольно быстро.

Наверное, самой красивой двойной звездой на небосводе является Альбиро, или Бета Лебедя. Главный компонент имеет золотисто-желтый оттенок, а его спутник — ярко-голубой; расстояние составляет 35 секунд дуги, и при наблюдении в любой телескоп Альбиро представляет собой удивительное зрелище.

Некоторые красные звезды связаны со спутниками, которые по контрасту кажутся зеленоватыми — таковы, например, Антарес в созвездии Скорпиона и Расальгети в созвездии Геркулеса.

Одинаковые компоненты тоже не редкость: классическим примером служит Гамма Девы, а также Тета Змеи, расположенная недалеко от границы с созвездием Орла. Каждый компонент имеет величину 4,5, а разделение превышает 22 секунды дуги. Я всегда считал Тету Змеи одной из самых привлекательных двойных звезд на небе.

В некоторых случаях компоненты двойной звезды сильно отличаются друг от друга. К примеру, у Сириуса есть очень маленький, но поразительно плотный спутник; это звезда, принадлежащая к классу белых карликов (я подробнее расскажу о них в главе 15). Разница в светимости между ними составляет 10 000/1. Звезда-спутник имеет примерно девятую величину и была бы нетрудным объектом для астрономических наблюдений, если бы ее блеск не затмевался ослепительным соседом. Период обращения составляет 50 лет. Несмотря на малые

размеры, спутник Сириуса имеет такую же массу, как Солнце.

Важно помнить, что звезды совсем не так сильно различаются по массе, как по размеру и светимости; маленькие звезды плотные, а большие — разреженные. Для наглядности можно представить себе свинцовую пулю, равную по весу сдобной булочке.

Если разделение между компонентами двойной звезды очень незначительно, никакой телескоп не покажет их в отдельности. Для этого существует метод спектроскопического анализа*.

Если две звезды движутся вокруг общего центра масс, то один компонент должен приближаться к нам по мере того, как другой удаляется (разумеется, эффект накладывается на общее движение пары по отношению к Земле, но это допустимая погрешность). Тогда мы можем воспользоваться так называемым эффектом Доплера.

Если источник света приближается к нам, то электромагнитные волны «сгущаются» и как будто укорачиваются, поэтому все спектральные линии смещаются к коротковолновому, или фиолетовому, концу спектра.

Если источник света удаляется, то сдвиг происходит к красному концу спектра.

Таким образом, в спектре приближающегося компонента мы имеем сдвиг в фиолетовую сторону, а в спектре удаляющегося компонента —

* Такие звезды называются спектрально-двойными звездами.—
Прим. пер.

в красную сторону. При этом все линии спектра кажутся сдвоенными. Но даже если мы видим лишь один спектр, двойная природа звезды выдает себя, так как спектральные линии видимого компонента колеблются вокруг среднего положения.

Оба компонента Мицара являются спектрально-двойными звездами, но даже лучшим примером может служить Кастор в созвездии Близнецов. При визуальном наблюдении Кастор можно видеть как четкую двойную звезду, но каждый компонент сам по себе является спектрально-двойной звездой, и есть еще третий, гораздо более тусклый член этой группы, который на проверку оказывается спектральным двойником. Поэтому в общем мы имеем шесть Касторов — четыре ярких и два тусклых!

Трудно представить себе, какое живописное зрелище может открыться наблюдателю с планеты в подобной звездной системе!

Кратные звезды встречаются довольно часто. Эпсилон Лиры, расположенная рядом с Вегой на небосводе, видна как двойная звезда невооруженным глазом, но уже в простой телескоп можно видеть, что каждый компонент в свою очередь состоит из двух, и, таким образом, мы имеем двойную систему из двойных звезд. Тета Ориона иногда называется «трапецией» из-за расположения четырех ее главных компонентов. Есть и другие наглядные примеры.

Мы по-прежнему мало знаем о происхождении двойных систем. Очевидное объяснение — раскол некогда единой звезды — было отверг-

нуто из-за его математической несостоятельности. Возможно, в некоторых случаях два компонента проходят на небольшом расстоянии друг от друга, и между ними устанавливается связь, но в целом представляется более вероятным, что компоненты формируются одновременно, из одного газопылевого облака.

Одной из замечательных двойных звезд является Алголь в созвездии Персея. Обычно он сияет как звезда второй величины, но через каждые два с половиной дня начинает тускнеть; в течение пяти часов его блеск падает до третьей величины, остается на минимуме еще двадцать минут, а через пять часов возвращается к прежнему состоянию.

Алголь еще в древности был известен как «дьявольская звезда»; на старом рисунке созвездия он обозначает голову Горгоны Медузы, чей взгляд превращал любое живое существо в камень. Но судя по всему, его странное поведение не привлекало большого внимания до XVII века. Объяснение было предложено в 1783 году молодым глухонемым астрономом Джоном Гудрайком. Этот блестящий ученый, несомненно, мог бы достичь многого, если бы не умер в возрасте двадцати трех лет.

Алголь вообще не является переменной звездой в обычном смысле этого слова. Это затменно-переменная звезда, состоящая из двух компонентов, один из которых значительно ярче другого.

Когда тусклая звезда проходит перед яркой и скрывает более 70% ее площади, то кажется, будто Алголь начинает медленно «подмиги-

вать». Слабое потускнение происходит и в том случае, если главный элемент затмевает второстепенный, но тогда его нельзя заметить невооруженным глазом. Яркий компонент излучает света в 100 раз больше Солнца, а тусклый значительно крупнее, с более низкой температурой и светимостью. Расстояние между их центрами составляет лишь около 7 000 000 миль, поэтому никакой телескоп не может показать их отдельно, даже если бы их яркость была одинаковой.

Известны и другие переменные этого класса — например, Ламбда Тельца и Дзета Феникса в южном полушарии. Компоненты Шелиака (Бета Лиры) имеют значительно меньше отличий и почти соприкасаются друг с другом, поэтому каждая звезда должна быть сильно сплюснутой у полюсов и иметь яйцеобразную форму. Здесь полный период обращения составляет лишь около 13 дней.

Мы также знаем о существовании карликовых двойных звезд, названных в честь прототипа, звезды W Большой Медведицы, где период обращения составляет около 24 часов.

На другом конце шкалы мы имеем Эпсилон Возничего, одну из вершин треугольника слабых звезд неподалеку от Капеллы, известных вместе как «Хеди», или «козлята» (Капеллу в древности называли «козой»).

Обычная звездная величина Эпсилона Возничего составляет 2,9; известно, что это очень яркая звезда, чья абсолютная светимость в 200 000 раз превосходит солнечную, удаленная от нас на 4500 световых лет. Каждые 27 лет она вре-

менно тускнеет на одну звездную единицу, и едва ли можно сомневаться, что ее затмевает другое тело, но второй компонент так и не был определен визуально или спектроскопическим методом — если бы не затмения, то мы бы вообще не знали о нем. Возможно, это маленькая горячая звезда, окруженная газопылевым облаком. Последнее затмение началось в июле 1982 года и закончилось лишь в июне 1984 года. Дзета Возничего, которая также находится в треугольнике, является затменно-переменной звездой с периодом обращения 972 дня, состоящей из красного гиганта и голубоватого спутника. Она никак не связана с Эпсилоном, и лишь по чистому совпадению эти две системы находятся рядом на небосводе: до Дзеты Возничего не более 500 световых лет.

Из настоящих переменных звезд наибольшую ценность для современных астрономов представляют цефеиды, названные в честь первой изученной звезды этого класса, Дельты Цефея, на дальнем севере небосвода (кстати, это открытие тоже было совершено Джоном Гудрайком). Ее период составляет 5,4 дня, а звездная величина меняется от 3,5 до 4,4. Этот период и амплитуда выдерживаются с четкой регулярностью, поэтому мы всегда знаем, как ярко светит Дельта Цефея в любой момент времени, и можем составить кривую изменения ее яркости в масштабе время/единицы светимости. Цефеиды встречаются довольно часто, и некоторые из них можно видеть невооруженным глазом, особенно Эту Орла, Дзету Близнецов и Бету Южной Рыбы.

В 1912 году американская женщина-астроном Генриетта Левитт провела тщательные исследования Магеллановых Облаков, расположенных на дальнем юге небосвода и напоминающих отдельные участки Млечного Пути.

В процессе своей работы мисс Левитт открыла множество цефеид, и вскоре она заметила нечто очень интересное. Существовала связь между периодом изменения и яркостью: чем больше период, тем ярче блеск звезды. Поскольку Магеллановы Облака очень далеки от нас, вполне допустимо утверждение, что все звезды там находятся примерно на одном расстоянии от Солнечной системы. К примеру, мы без большой натяжки можем сказать, что Чаринг-Кросс и Вокзал Виктории находятся примерно на одном расстоянии от Нью-Йорка.

Из этого открытия следовало, что можно определить мощность излучения цефеиды, просто наблюдая за ней. В сущности, цефеиды являются «стандартными единицами яркости», а благодаря высокой светимости их можно видеть на огромном расстоянии. Это пульсирующие звезды, распухающие и сжимающиеся через регулярные промежутки.

Период пульсации — это время, необходимое для того, чтобы вибрация прошла от поверхности звезды через ее центр и обратно. Это объясняет, почему большие, мощные звезды имеют более долгие периоды пульсации.

К другому классу относятся долгопериодические переменные, типичным представителем которых является Мира в созвездии Кита. Когда голландский астроном-любитель Давид Фабри-

циус наблюдал ее в 1596 году, это была звезда третьей величины. Затем она исчезла и не появлялась до 1603 года, когда Байер отметил ее при составлении своего знаменитого звездного каталога. Она снова достигла третьей величины, и Байер присвоил ей греческую букву Омикрон в созвездии Кита. Потом она снова исчезла. Наконец, в 1638 году, другой голландец, по имени Фоуилид Холвард, осознал, что она появляется и исчезает с четкой периодичностью. В среднем период составляет 331 день, и Мира видна невооруженным глазом лишь несколько недель в году. При достижении минимума ее светимость падает до десятой величины, и она становится неразличимой для большинства биноклей и любительских телескопов.

Долгопериодические переменные встречаются очень часто, хотя немногие из них видны невооруженным глазом. Все это красные гиганты с периодом пульсации от нескольких недель до нескольких лет; ни периоды, ни амплитуда не являются постоянными, и не существует математических расчетов, устанавливающих закономерность между периодом цефеиды и ее светимостью.

Другой хорошо известной звездой этого класса является Хи Лебедя, имеющая довольно долгий период (в среднем, 407 дней) и огромную амплитуду. Ее максимальная величина составляет 3,3, но в период минимума она тускнеет до 14-й величины, а поскольку звезда находится в очень плотном районе, то ее трудно различить, несмотря на отчетливый красный оттенок.

Так называемые полуправильные переменные связаны с предыдущим классом и тоже являются красными гигантами или сверхгигантами, но их величина изменяется незначительно — на одну-две единицы, а периоды более или менее регулярных изменений светимости перемежаются «припадками» хаотического поведения.

Наиболее известным примером является Бетельгейзе в созвездии Ориона. В редких случаях (в конце 1993 и начале 1994 года) ее блеск может сравниться с Ригелем, а на минимуме она лишь немного ярче Альдебарана. Средний период составляет 2110 дней, но эта оценка очень приближительна.

Другими яркими полупеременными звездами являются Бета Пегаса, Эта Близнецов и Расальгети в созвездии Геркулеса.

Некоторые переменные настолько непредсказуемы, что мы не знаем, какой сюрприз они могут преподнести в следующий момент. Такова звезда R созвездия Северной Короны, которая обычно находится на пределе видимости невооруженным глазом, но иногда тускнеет так сильно, что ее можно разглядеть лишь в большой телескоп. По-видимому, в ее атмосфере накапливаются облака пыли, задерживающие свет до тех пор, пока они не рассеиваются.

Звезда P в созвездии Лебедя очень нестабильна и время от времени сбрасывает целые слои газообразного материала; иногда она достигает третьей величины, хотя обычно ее блеск не превышает 5,1.

На дальнем юге небосвода можно найти уникальную звезду Эту Кормы. В прошлом

веке она на короткое время засияла ярче любой звезды, кроме Сириуса, но вот уже более ста лет ее можно видеть только в бинокль. На максимуме она светила как шесть миллионов Солнц и, вероятно, была самой яркой звездой в Галактике; мощность ее излучения остается почти такой же даже сейчас, хотя оно в основном сосредоточено в инфракрасной части спектра. Она окружена маленькой туманностью и при наблюдении в телескоп больше похожа не на обычную звезду, а на оранжевый диск.

Так называемые новые звезды на самом деле вовсе не являются новыми. Это тусклые звезды, которые проходят через периоды мощных выбросов энергии и на короткое время многократно увеличивают свою яркость, прежде чем снова потускнеть.

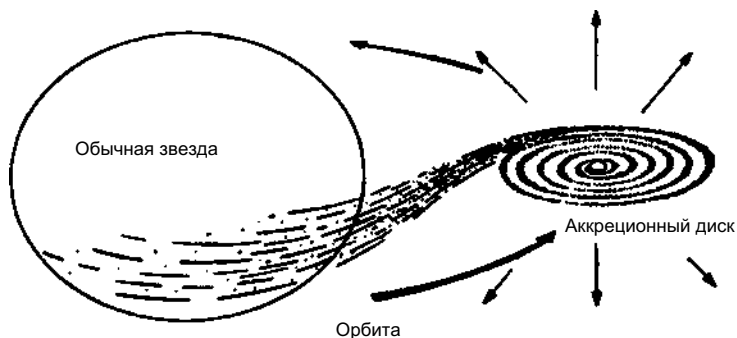
Новая звезда является двойной системой, состоящей из обычной звезды и старого, очень плотного спутника, который относится к классу белых карликов. Белый карлик оттягивает вещество от главной звезды, и оно накапливается до тех пор, пока ситуация не становится нестабильной; затем следует внезапный выброс, который продолжается несколько недель или даже месяцев.

Некоторые новые звезды выглядели очень зрелищно — так, новая в созвездии Возничего, наблюдавшаяся в 1918 году, достигла нулевой величины. Иногда вспышки быстро угасают, как это произошло с яркой звездой в созвездии Лебедя в 1975 году, достигшей величины 1,8 за несколько часов, но видимой невооруженным глазом лишь в течение недели. С другой

стороны, новая звезда в созвездии Геркулеса (1934 год) была видна несколько месяцев, хотя сейчас ее можно разглядеть лишь в мощный телескоп.

Известны звезды, неоднократно проходившие через стадию «новой», особенно Т Северной Короны, которая обычно имеет десятую величину, но вспыхивала в 1866 и 1946 годах, достигая второй величины. Если накопление вещества вокруг белого карлика превышает допустимые пределы, звезда может подвергнуться уничтожению в настоящей катастрофической вспышке. Такие звезды называются сверхновыми типа I, но они очень редки; последний раз вспышка сверхновой этого типа в нашей Галактике произошла в 1604 году.

Наблюдение за переменными звездами стало одной из наиболее важных областей современной любительской астрономии, поскольку существует так много переменных, что профессиональные астрономы просто не в состоянии



Теория образования новой звезды

следить за всеми сразу. Метод заключается в сравнении переменной с ближайшими звездами известной яркости; после некоторой практики оценки становятся точными вплоть до десятой величины, а с помощью специальных инструментов (фотометров) их можно значительно улучшить. Проводятся также поиски новых звезд, и здесь любителям принадлежит почетный список открытий. Конечно, эта работа кропотлива и занимает много времени, но всегда есть шанс найти что-то новое.

ЖИЗНЬ И СМЕРТЬ ЗВЕЗДЫ

При внимательном взгляде на ночное небо можно видеть, что звезды различаются по цвету и яркости. Большинство из них кажутся белыми, но некоторые имеют голубоватый оттенок, а другие оранжевые или красно-оранжевые.

Цвет звезд дает нам общее представление о температуре их поверхности: все знают, что белое каление горячее, чем красное. Температура поверхности нашего желтого Солнца значительно ниже 6000° . На поверхности наиболее горячих звезд температура достигает $80\,000^{\circ}$, а самые холодные действующие звезды имеют скромную температуру 2500° или даже меньше.

Главным союзником астронома в исследовании звезд является спектроскоп. Как мы уже говорили, наше Солнце — типичная звезда — содержит спектр с радужным фоном (обусловленным сравнительно высоким давлением газа в фотосфере), который пересекают темные линии (обусловленные низким давлением газа в хромосфере).

Обычные звезды дают спектр одного основного класса, но есть существенные различия в

подробностях. К примеру, в спектре очень горячих звезд преобладают линии гелия и водорода, а в спектре холодных красных гигантов появляются полосы, образованные молекулами, которые распадаются при более высоких температурах.

Звезды подразделяются на несколько спектральных классов. Современная система разработана в Гарвардской обсерватории и имеет алфавитный порядок: самые горячие звезды принадлежат к классу А, за которым следуют классы В, С, D и так далее.

Неизбежно возникли осложнения, и некоторые классы оказались ненужными, а другие выпали из последовательности. В окончательном списке буквы хаотически перемешаны (W, O, B, A, F, G, K, M, R, N, S), но для его запоминания разработаны такие же мнемонические приемы, как для запоминания цветов спектра.

Каждый класс делится на подклассы, поэтому, к примеру, А5 находится на полпути между А0 и F0.

Основные детали приведены в таблице (см. с. 282). Звезды большей частью принадлежат к промежутку от В до М; первый и последний классы встречаются сравнительно редко, а R и N теперь часто объединяют в один класс С.

Незадолго до начала Второй мировой войны два астронома, Эйнар Герцшпрунг в Дании и Генри Норрис Ресселл в Америке, независимо друг от друга разработали диаграмму, на которой звезды были размещены в соответствии с их светимостью и спектральным классом. Стало ясно, что в распределении звезд нет ничего случайного. На диаграмме «спектр — светимость»

большая часть звезд лежит на отрезке, который называется Главной последовательностью. Этот отрезок тянется от верхнего левого до нижнего правого угла диаграммы. Оранжевые и красные звезды объединяются в две обособленные группы (очень яркие гиганты и очень тусклые карлики). Такое разделение на карликов и гигантов слабее выражено у желтых звезд и вообще неприменимо к белым звездам; белые карлики (внизу диаграммы) принадлежат к совершенно другому классу.

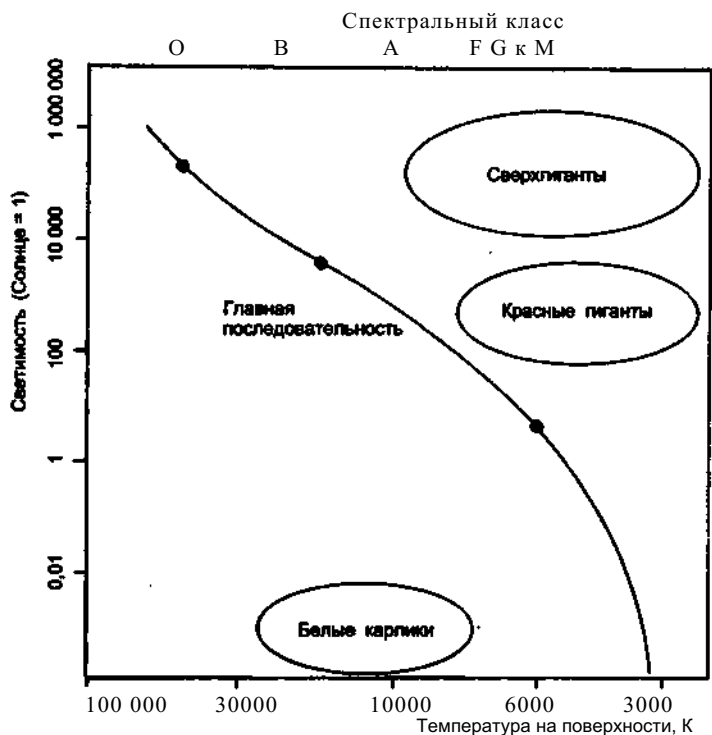


Диаграмма Герцшпрунга — Расселла «спектр — светимость»

Сначала казалось, что мы имеем дело с эволюционной последовательностью. Рождение звезды происходит в процессе конденсации из межзвездного вещества, и сначала она должна быть большой, холодной и красной, появляясь в верхнем правом углу диаграммы. По мере сжатия под воздействием гравитации она становится горячее и движется к верхнему левому углу, а затем скользит вниз по Главной последовательности, заканчивая свое существование в виде тусклого белого карлика, растратившего почти все запасы энергии. Звезды класса В и А назывались «ранними», а звезды класса М — «поздними».

Все казалось совершенно ясным, но затем было обнаружено, что сама теория ошибочна. Проблема заключается в том, что мы не можем видеть, как звезда изменяет свое эволюционное состояние, поэтому остается лишь выбирать, какие звезды являются «молодыми» или «старыми». В дальнейшем выяснилось, что красные гиганты и сверхгиганты, такие, как Бетельгейзе, являются скорее не звездными младенцами, а космическими старожилками.

Изменение во взглядах пришло вместе с пониманием того факта, что звезды сияют из-за ядерных реакций, происходящих внутри, где главным «топливом» служит водород. Затем появилась возможность воссоздать правильную последовательность событий. Стало ясно, что главным фактором является первоначальная масса звезды: массивные звезды развиваются гораздо быстрее, чем звезды с меньшей массой. Более того, звезды гораздо меньше различаются по

массе, чем по размеру или светимости; лишь очень немногие из них «весят» в 20 раз больше, чем Солнце.

ЗВЕЗДНЫЕ СПЕКТРЫ

Класс	Цвет	Температура поверхности, °C	Примеры	Примечания
W	Белый	до 80 000	Гамма Парусов (WC7)	Звезды Вольфа — Райета; яркие линии
O	Белый	35 000-40 000	Дзета Кормы (06)	Яркие и темные линии
B	Голубовато-белый	12 000-25 000	Ригель (B8)	Преобладание гелия
A	Белый	8000-10 000	Сириус, Вега	Преобладание водорода
F	Желтовато-белый	6000-7500	Процион, Полярная	Преобладание кальция
G гиганты карлики	Желтый	4200-5500 5000-6000	Капелла Солнце	Появляются линии металлов
K гиганты карлики	Оранжевый	3000-4000 4000-5000	Арктур Тау Кита	Четкие линии металлов
M гиганты карлики	Оранжево-красный	3400 3000	Бетельгейзе Проксима	Молекулярные полосы
R	Красноватый	2600	Нет ярких примеров	Очень далекие звезды
N	Красный	2500	R Зайца	Четкие линии углерода
S	Красный	2600	Хи Лебедя	Почти все переменные

Мы начнем, как и раньше, с рождения звезды из разреженного межзвездного вещества. Сначала мы увидим "глобулы Бока" (названные в честь голландского астронома Барта Бока), которые представляют собой темные пятна внутри звездной туманности.

В созвездии Ориона есть знаменитая туманность М.42, представляющая собой типичный космический «родильный дом»: она содержит много очень молодых звезд, еще нестабильных и хаотично изменяющихся.

Если масса эмбриональной звезды составляет менее $1/10$ массы Солнца, то ядро никогда не разогреется до такой степени, чтобы начались ядерные реакции, и звезда просто будет тускло сиять, как красный карлик, пока не растратит всю свою энергию. При еще меньшей массе температура не поднимается выше нескольких сотен градусов, и мы фактически имеем дело с «отсутствующим звеном» между звездой и планетой; тела такого рода называются коричневыми карликами, хотя название кажется мне ошибочным.

В нескольких случаях они были определены с достаточной уверенностью, но во многом остаются загадочными для нас. По-видимому, граничное значение между планетой и коричневым карликом составляет примерно десятикратную массу Юпитера, самой большой планеты Солнечной системы.

Если масса формирующегося тела составляет более $1/10$ массы Солнца, то оно приобретает статус звезды. Оно начинает сиять; по мере сжатия температура поверхности остается прак-

тически неизменной, и первоначальный кокон пыли вокруг звезды уносится прочь. Продолжается хаотичное мигание, и возникает сильный «звездный ветер». Это так называемая стадия Т Тельца.

Уплотнение до начала Главной последовательности продолжается миллионы лет, но наконец температура ядра достигает критической отметки $10\,000\,000^{\circ}$, и начинаются ядерные реакции. Вступление звезды на линию Главной последовательности снова зависит от ее массы — чем больше масса, тем быстрее звезда появляется в верхнем левом углу диаграммы.

Превращения ядер водорода в ядра гелия достаточно, чтобы поддерживать поток излучения в течение очень долгого времени, но он не может продолжаться вечно и в конце концов начинает иссякать; теперь ядро звезды состоит в основном из гелия.

Когда запасы водорода исчерпываются, звезда сжимается и ее ядро нагревается, так что гелий вступает в ядерную реакцию и начинается накопление углерода.

Звезда покидает Главную последовательность и движется в область гигантов в верхнем правом углу диаграммы. После довольно сложной серии реакций она становится красным гигантом. Результаты этого процесса в отдаленном будущем будут катастрофическими для Земли: в течение определенного времени Солнце будет излучать по меньшей мере в сто раз больше энергии, чем сейчас, и внешние слои начнут расширяться, пока не охватят орбиты внутренних планет — Меркурия, Венеры, а возможно,

и Земли. Это означает, что у живых существ не останется никаких шансов на выживание. Впрочем, еще раньше Солнце станет слишком горячим; расчеты показывают, что условия для жизни на нашей планете станут невыносимыми примерно через миллиард лет. (Пожалуйста, не беспокойтесь. В конце концов, могло быть и хуже: скажем, всего лишь через пятьсот миллионов лет!) Звезда на этой стадии эволюции становится нестабильной и часто изменяет свой блеск.

Затем внешние слои полностью отделяются, и мы получаем так называемую планетарную туманность (опять неудачное название). От звезды остается лишь сверхплотное ядро диаметром несколько десятков тысяч миль. Она превращается в белый карлик и перемещается к нижнему левому углу диаграммы «спектр — светимость».

Причина такой огромной плотности — иногда в миллион раз превышающей плотность воды — заключается в разрушении атомарной структуры. При обычных условиях атом состоит в основном из пустого пространства, но вырожденное вещество белого карлика практически не содержит пустоты, и разнообразные компоненты очень плотно упакованы.

Наиболее известным белым карликом является тусклый спутник Сириуса (который часто называли Щенком, поскольку Сириус был Собачьей звездой). Этот спутник светит в 10 000 раз слабее, чем его ослепительный сосед, но не менее массивен, чем Солнце. Пригоршня его вещества должна весить сотни тонн.

Кто-то удачно назвал белые карлики «звездами-банкротами». У них не осталось резервов энергии, а слабое свечение обусловлено лишь остаточным сжатием. В конце концов, весь свет и тепло уходят, и звезда становится холодным, мертвым черным карликом. Естественно, тогда мы не можем видеть ее, поскольку она не излучает свет, но возраст Вселенной нельзя считать достаточно почтенным для образования черных карликов. По разным оценкам, этот возраст составляет не более двадцати миллиардов лет, а процесс перехода от белого карлика к стадии черного карлика может занять больше времени.

Теперь перейдем к эволюции еще более массивной звезды, масса которой по меньшей мере в 1,4 раза превосходит массу Солнца. Здесь все идет по сходному сценарию, но заметно быстрее, поэтому звезда тратит меньше времени на преодоление Главной последовательности и отработку водородного топлива. После того как гелиевые реакции образуют углерод, его ядра в свою очередь начинают вырабатывать более тяжелые элементы. Структура звезды временно становится похожей на луковицу, где на разных уровнях протекают различные реакции. Конечным продуктом является железо, и температура в ядре звезды достигает невероятной величины в три миллиарда градусов.

Когда вещество ядра превращается в железо, наступает настоящий кризис, поскольку железо реагирует не так, как более легкие элементы. Выделение энергии резко прекращается. В тече-

ние нескольких секунд ядро рушится вовнутрь (коллапсирует); внешние слои падают на него, и происходит чудовищный рикошет.

Ударная волна распространяется по всему телу звезды; большая часть ее вещества разлетается в Космосе по всем направлениям. Это называется взрывом сверхновой II типа. При этом звезда вспыхивает с яркостью пяти миллиардов Солнц, а когда взрыв заканчивается, остается газообразное облако, распространяющееся в пространстве. Вещество этого облака обогащено тяжелыми элементами, образованными в предыдущую фазу, и из этого обогащенного вещества формируются новые звезды.

Но что происходит с ядром умирающей звезды? Даже составные части атомов сжимаются воедино; протоны соединяются с электронами, и положительный заряд нейтрализует отрицательный заряд электронов. В результате образуется звезда, состоящая из нейтронов.

Нейтронная звезда — настоящая диковинка. Она имеет лишь несколько миль в поперечнике, но ее плотность в миллиард раз превышает плотность воды, так что булабочная головка из вещества нейтронной звезды будет весить больше океанского лайнера.

Согласно теории, внешняя поверхность нейтронной звезды кристаллическая и богата железом; под ней находится обогащенное нейтронами жидкое вещество, в свою очередь обволакивающее ядро, состоящее из частиц, о которых мы почти ничего не знаем.

У нейтронной звезды мощное магнитное поле, и она вращается очень быстро, возможно,

много раз в секунду. Этот крошечный объект — все, что остается от некогда массивной звезды.

В 1967 году Джоселин Белл Барнелл, радиоастроном из Кембриджского университета, сделала неожиданное открытие. Она обнаружила источник радиоизлучения, передававший сигналы с такой скоростью и регулярностью, что сначала возникло подозрение в их искусственном происхождении.

Теории о маленьких зеленых человечках вскоре были отвергнуты, но пульсирующий источник радиоизлучения оставался загадкой в течение некоторого времени. Наконец причина была обнаружена. «Пульсар» является быстро вращающейся нейтронной звездой; ее магнитная ось наклонена, а магнитные полюса являются постоянным источником мощного радиоизлучения.

Каждый раз, когда луч захватывает Землю, мы принимаем сигнал. Для наглядности можно представить себе наблюдателя на побережье, регулярно освещаемом лучом вращающегося маяка на мысу.

Были открыты сотни пульсаров, но большей частью они известны лишь по радиоизлучению, и только считанные единицы отождествляются с оптическими объектами.

Наиболее известный из последних находится в центре Крабовидной туманности — расширяющегося газового облака в созвездии Тельца, открытого в 1731 году английским астрономом Джоном Бевисом. Она находится возле звезды третьей величины Дзета Тельца, и ее можно

видеть в хороший бинокль, хотя очертания различимы лишь при наблюдении в телескоп. Название туманности было дано в 1845 году графом Россом, смотревшим на нее в свой огромный 72-дюймовый рефлектор.

Мы многое знаем о Крабовидной туманности, поскольку она определенно является останками сверхновой, вспыхнувшей в 1054 году. Ее появление было зарегистрировано наблюдателями в Древнем Китае и Корее. Она стала

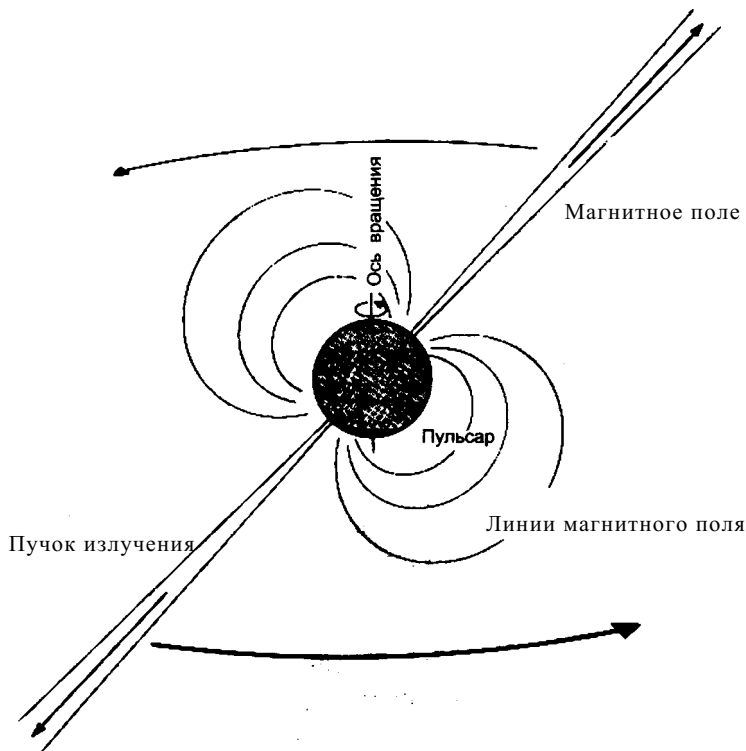


Схема пульсара

такой же яркой, как Венера, была видна даже при свете дня и оснавалась видимой невооруженным глазом в течение нескольких месяцев, прежде чем исчезнуть из виду. В 1960-х годах в этой области был обнаружен пульсар, который затем удалось отождествить с очень слабым мигающим объектом, различимым лишь в самые мощные телескопы. Идентификация не оставляла сомнений, так как и «мигалка», и пульсар имели одинаковый период излучения, $1/30$ секунды.

По мере старения пульсар замедляет свое вращение и теряет энергию. Это замедление можно измерить, хотя оно очень медленное; происходят также «срывы» или толчки, возможно, вызванные сильнейшими сотрясениями в коре нейтронной звезды. В конце концов вращение прекратится и пульсар перестанет пульсировать, но мы опять-таки не можем быть уверены, что у Вселенной есть достаточно времени для этого. Самый медленный из известных пульсаров имеет период вращения менее пяти секунд.

Обнаружены пульсары, которые вращаются гораздо быстрее, чем объект в Крабовидной туманности, со скоростью сотни раз в секунду. Очевидно, они не молоды, но являются старыми нейтронными звездами, подвергшимися своеобразному разгону.

Миллисекундный пульсар считается компонентом двойной системы, другим членом которой является огромный разреженный красный гигант. Нейтронная звезда оттягивает вещество от гиганта, и когда оно ударяется о поверхность

звезды, скорость ее вращения возрастает (вы можете наблюдать этот эффект, если подвесите шарик для настольного тенниса на нитке и будете дуть на него через соломинку). В ходе этого процесса звезда-гигант несет огромный ущерб; к примеру, в созвездии Стрельца есть пульсар, который вращается со скоростью 642 оборота в секунду и буквально испаряет своего неудачливого спутника, который в конце концов превратится в ничто. Не удивительно, что «агрессивный пульсар» был назван Черной Вдовой.

Разумеется, не все нейтронные звезды проявляют себя в качестве пульсаров, так как мы не можем зарегистрировать радиоизлучение, если луч не достигает Земли. Нет абсолютной уверенности и в том, что все сверхновые II типа приводят к возникновению пульсаров, хотя многое указывает на это.

За последние тысячу лет в нашей Галактике было достоверно зарегистрировано появление четырех сверхновых: в 1006, 1054, 1572 (звезда Тихо Браге) и 1604 годах (звезда Кеплера). Из них лишь сверхновая 1054 года принадлежит ко II типу.

Невозможно предсказать, когда мы увидим следующую; возможно, лучшим кандидатом является Эта Кормы, очень массивная и нестабильная. Рано или поздно она станет сверхновой, хотя это может произойти еще через много тысячелетий. По крайней мере, одну сверхновую видели в 1987 году, когда она вспыхнула в Большом Магеллановом Облаке и стала очень заметной, несмотря на расстояние в 169 000 све-

товых лет. Мы все еще ждем, когда пульсар там начнет действовать, но пока ничего не произошло.

В 1991 году британские астрономы сообщили о слабых аномалиях в поведении одного известного пульсара, PSR 1829-10, указывающих на возможное присутствие планеты, в десять раз более массивной, чем Земля. Это прозвучало как сенсация, поскольку окрестности пульсара являются самым неподходящим местом для открытия планеты, и впоследствии действительно оказалось ошибкой. Но с тех пор из Америки регулярно поступают сообщения о других «пульсарных планетах».

Я с большим скептицизмом отношусь к подобной информации, так как если пульсар обрывается в результате вспышки сверхновой, никакая планета не имеет возможности уцелеть в его окрестностях.

Есть также сообщение о наличии планет, вращающихся вокруг «обычных» звезд, таких, как 51 Пегаса, которая находится в 42 световых годах от нас и немного слабее Солнца.

Другим кандидатом является 47 Большой Медведицы, примерно на таком же расстоянии от нас, но чуть более яркая, чем Солнце. Эти утверждения основаны на слабом «покачивании» видимых звезд, но в таком случае их планеты должны быть похожи скорее на Юпитер, чем на Землю.

Меня опять-таки одолевают сомнения, но пождем — увидим. Возможно, наилучшим кандидатом на сегодняшний день является Бета Живописца, где аномалии гравитационного поля

действительно могут указывать на присутствие крупной планеты.

Теперь давайте вернемся к звездной эволюции и рассмотрим тот случай, когда звезда слишком массивна даже для того, чтобы превратиться в сверхновую II типа. Здесь происходят еще более устрашающие и загадочные события.

Когда начинается грандиозный коллапс, ничто не может остановить его: гравитация одерживает верх, и звезда становится все меньше и плотнее. Скорость убегания многократно возрастает и в конце концов достигает значения 186 000 миль в секунду. Это скорость света. Даже свет не может оторваться от звезды, которая теперь окружает себя «запретной зоной», откуда абсолютно ничто не может ускользнуть. Она становится черной дырой.

Граница черной дыры называется горизонтом событий. Если бы Солнце стало черной дырой, то диаметр горизонта событий составил бы около четырех миль. Для Земли он менее дюйма.

Однако у Солнца и Земли нет никаких шансов стать черными дырами; даже наше светило далеко не такое массивное и обречено завершить свою ослепительную карьеру в качестве белого карлика.

Разумеется, мы не можем видеть черную дыру, но можем косвенно определить ее присутствие. Наилучшим кандидатом является система, известная как Лебедь X-1 в созвездии Лебедя, на расстоянии 6500 световых лет. Она состоит из очень яркого сверхгиганта типа В с

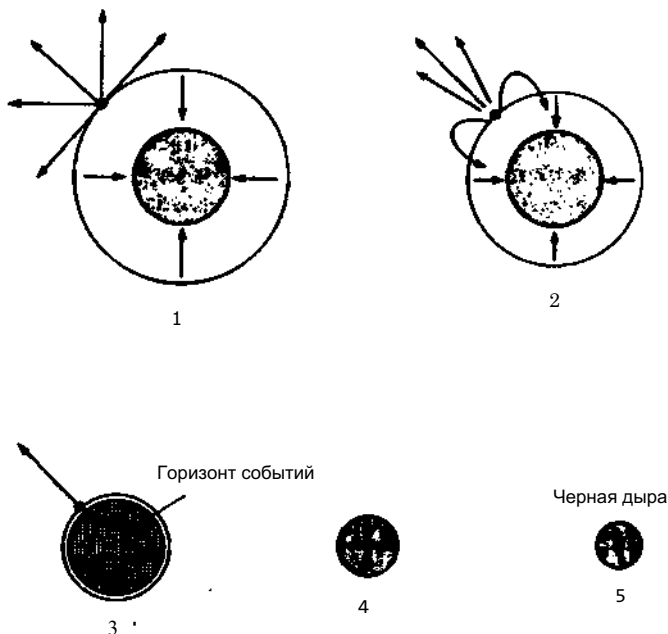
диаметром по меньшей мере 12 000 000 миль и массой, в 30 раз превышающей солнечную, а также спутника, в 14 раз более массивного, чем Солнце. Этот спутник остается невидимым, но выдает свое присутствие гравитационным воздействием на сверхгигант. Он слишком массивен для нейтронной звезды и предположительно является черной дырой. Он притягивает вещество соседней звезды, но прежде чем это вещество проваливается за горизонт событий, чтобы сгинуť навеки, оно испускает мощные рентгеновские лучи, регистрируемые нашей аппаратурой. Мы не можем быть совершенно уверены, что это правильное объяснение, но оно кажется очень вероятным.

Были обнаружены и другие кандидаты на роль черных дыр. Еще одно подтверждение поступило от космического телескопа Хаббла, используемого для исследования движения вещества в Галактике М.87. Особенности движения вещества указывают, что оно должно находиться под воздействием невидимого тела с колоссальной массой, и это опять свидетельствует о наличии черной дыры.

Действительно, самые последние исследования, выполненные с помощью телескопа Хаббла, дают основание полагать, что в любой крупной Галактике черная дыра в центре должна быть скорее правилом, а не исключением.

Черная дыра является самым загадочным объектом, который только можно представить. Мы не знаем, что происходит за горизонтом событий — может быть, коллапс звезды означает ее полное исчезновение? Такие

экзотические теории, как идея о проникновении в черную дыру и выходе в другой части Вселенной или вообще в другой Вселенной, довольно занимательны, но настолько спекулятивны, что дальнейшая дискуссия на эту тему представляется бессмысленной.



Формирование черной дыры

1. Свет, видимый с поверхности звезды, когда начинается коллапс.
2. По мере ускорения коллапса некоторые лучи света изгибаются обратно.
3. Когда звезда достигает радиуса сферы Шварцшильда, только вертикальные лучи могут вырваться наружу.
4. После коллапса радиус исчезает из виду.
5. Звезда становится точкой сингулярности.

Мы многое узнали в течение последних десятилетий, и с каждым днем узнаем все больше.

Некоторые аспекты звездной эволюции по-прежнему озадачивают нас, но одно можно сказать определенно: никакая звезда не будет сиять вечно. Каждой отпущен свой срок, хотя понадобятся миллиарды лет, чтобы она превратилась из массы холодного газа в белый карлик, нейтронную звезду или черную дыру.

ЗВЕЗДНЫЕ СКОПЛЕНИЯ И ТУМАННОСТИ

Посмотрите на вечернее небо в любое время перед Рождеством, и вы обязательно увидите «дымку», образованную звездным скоплением Плеяд, называемым также Семь Сестер. Оно было известно с доисторических времен, и почти в каждой культуре есть легенды о нем. При более пристальном наблюдении оказывается, что это скопление состоит из множества звезд, и по меньшей мере семь из них можно видеть невооруженным глазом в ясную погоду.

Зоркие люди могут различить до девятнадцати звезд. Общее количество звезд в скоплении Плеяд достигает нескольких сотен. Нет сомнения, что скопление настоящее; возможность того, что столько звезд может оказаться на одной линии зрения по чистой случайности, близка к нулю. Кроме того, известно много других рассеянных звездных скоплений. В качестве примера можно назвать Гиады в окрестностях Альдебарана, Ясли в созвездии Рака, красивое скопление Дикая Утка в созвездии Щита и не

уступающую ему по красоте Ювелирную Шка-
тулку около Каппы Южного Креста на даль-
нем юге.

Рассеянные скопления не могут постоянно под-
держивать свою форму. В этих системах нет
устойчивых связей, и они время от времени под-
вергаются воздействию со стороны других звезд,
которые не входят в группу и движутся в раз-
ных направлениях. В конце концов скопление
распадается, хотя, конечно, это постепенный про-
цесс, и его скорость зависит от многих факто-
ров.

Так, скопление М.67 в созвездии Рака рас-
положено довольно далеко от главной плоскос-
ти Галактики, почти не подвергается воздей-
ствию других звезд и поэтому является относи-
тельно старым. Многие его звезды имеют
красноватый оттенок; это говорит о том, что
они уже далеко продвинулись по пути своей
эволюции и покинули Главную последователь-
ность.

С другой стороны, большинство звезд в
скоплении Плеяд яркие, горячие и голубовато-бе-
лые, поэтому возраст скопления не может пре-
вышать нескольких миллионов лет.

К концу XVII века было описано около дю-
жины звездных скоплений, но первый дей-
ствительно подробный каталог был составлен
лишь в 1781 году. Честь его создания принад-
лежит французскому астроному Шарлю Месье,
который перечислил более ста объектов и дал
им порядковые номера; так, скопление Плеяд
числится под номером 45 в каталоге Месье
(М.45), скопление Ясли — М.44, и так далее.

Как ни странно, сам Месье ничуть не интересовался звездными скоплениями или туманностями. Он был охотником за кометами, но обнаружил, что его постоянно сбивают с толку тусклые объекты, расположенные далеко за пределами Солнечной системы. В конце концов он потерял терпение и решил составить список «нежелательных объектов».

Мы по-прежнему пользуемся каталогом Месье, хотя ни одна из комет, открытых им, не представляла какого-либо интереса для астрономии.

Значительно позднее датский астроном Йохан Л. Дрейер составил более подробный каталог под аббревиатурой NGC, или «новый общий каталог», хотя сейчас и он заметно устарел. Оба каталога используются на равных правах; к примеру, скопление Яслей известно под номерами NGC 2632 и M.44.

В каталогах Месье и NGC содержатся самые разнообразные объекты, от рассеянных и шаровых скоплений до туманностей, галактик и даже остатков сверхновых звезд (имеется в виду Крабовидная туманность, M.1 или NGC 1952).

Все объекты из каталога Месье можно увидеть даже в маленький телескоп, и они являются излюбленными мишенями для астрономов-фотографов. Разумеется, они далеко не равноценны по размерам и зрелищности. Некоторые звездные скопления очень яркие, другие бледные и невзрачные.

В каталоге Месье есть два объекта, под номерами 40 и 91, которые в настоящее время отсутствуют и могут быть кометами, не опреде-

ленными в то время, а М. 102 обычно считается аналогом М. 101, спиральной Галактики в созвездии Большой Медведицы.

Такие крупные рассеянные скопления, как Плеяды и Гиады, лучше всего наблюдать в бинокль, поскольку они слишком велики для поля зрения любительского телескопа.

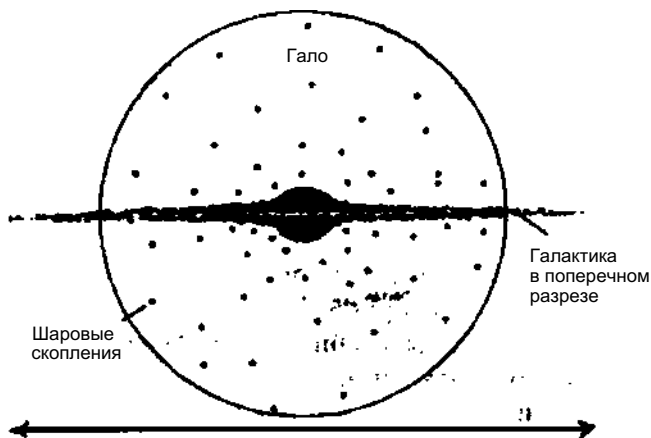
Скопление Плеяд содержит туманность, указывающую на продолжение процесса формирования звезд; ее нетрудно сфотографировать, но она часто ускользает от неопытных наблюдателей. В скоплении Гиад нет туманности, и оно не упоминается в каталоге Месье — возможно, потому, что нет ни малейшего шанса перепутать его с кометой.

Скопление М. 11 в созвездии Щита имеет форму веера и получило прозвище Дикая Утка, а в созвездии Рака находятся два звездных скопления: М.44 (Ясли), легко различимые невооруженным глазом, и М.67, которое можно увидеть в бинокль. Ясли ограничены двумя довольно яркими звездами, Гаммой и Дельтой Рака, которые Плиний-старший называл Ослятами.

Как мы уже упоминали, М.67 является очень старым скоплением по звездным стандартам, поскольку оно расположено вдалеке от главной плоскости Галактики и почти не подвергается воздействию посторонних звезд. В созвездии Южного Креста мы обнаруживаем изысканную Ювелирную Шкатулку с голубовато-белыми звездами и одним красным гигантом на переднем плане; в бинокль можно разглядеть еще много других скоплений.

Рассеянные скопления не имеют определенной формы и редко содержат более нескольких сотен звезд. Шаровые скопления принадлежат к другому классу. Это огромные симметричные системы, иногда содержащие более миллиона звезд и расположенные по периферии и окрестностям основной плоскости Галактики. В нашей Галактике известно около сотни таких скоплений, но лишь три из них ясно различимы невооруженным глазом: Омега Центавра и 47 Тукана на дальнем юге, а также М. 13 в созвездии Геркулеса. Все шаровые скопления очень далеки от нас, поэтому кажутся относительно слабыми.

Шаровые скопления имеют почтенный возраст, и в них не осталось туманностей. Их главными звездами являются древние красные гиганты, давно покинувшие Главную последовательность, но есть и переменные класса цефеид.



Распределение шаровых скоплений

Изучая эти полезные звезды, астроном Харлоу Шепли в 1917 году смог впервые относительно точно определить форму нашей Галактики. По периоду изменения блеска переменных звезд он выяснил, на каком расстоянии они находятся; таким образом удалось определить расстояние до шаровых скоплений. Шепли также обнаружил, что шаровые скопления распределены неравномерно и сосредоточены в основном в Южном полушарии, особенно в области созвездия Стрельца. Обдумав этот факт, Шепли пришел к правильному выводу: Солнечная система находится не в центре Галактики, а гораздо ближе к ее краю, поэтому из нашей перспективы открывается «кривобокий» вид на шаровые скопления. Теперь мы знаем, что Солнце находится почти в 30 000 световых лет от центра Галактики, скрытого за звездными облаками в созвездии Стрельца.

При телескопическом наблюдении довольно легко увидеть отдельные звезды по краям шаровых скоплений, но ближе к центру они так тесно сгруппированы, что сливаются в общую массу; среднее расстояние между звездами в центре шарового скопления составляет лишь несколько световых дней. Если бы мы могли видеть небосвод с поверхности планеты, вращающейся вокруг звезды в шаровом скоплении, то он был бы залит ярким сиянием звезд, отбрасывающих тени, большинство из которых имели бы красноватый оттенок. Однако астроном, обитающий в центре шарового скопления, едва ли смог бы много узнать об устройстве внешней Вселенной!

Самым ярким шаровым скоплением является Омега Центавра, видимая невооруженным глазом как слабый объект примерно четвертой величины; оно находится в северной части созвездия Центавра (склонение $-47,5^\circ$), и Байер присвоил ему греческую букву. Оно расположено довольно близко для шаровых скоплений, но все же в 17 000 световых лет от нас, и его истинный диаметр составляет более 150 световых лет. К сожалению, его нельзя увидеть с территории Британии.

В южном небе его единственным соперником является скопление 47 Тукана, чей силуэт выделяется на фоне Малого Магелланова облака. Самым заметным северным скоплением является М. 13 между Этой и Дзетой Геркулеса, трудно различимое невооруженным глазом, но заметное в бинокль. Оно было открыто в 1714 году Эдмундом Галлеем.

Наиболее четкие фотографии центральных районов шаровых скоплений были получены с помощью космического телескопа Хаббла. В частности, стало возможно идентифицировать так называемых «голубых бродяг» — горячие голубые звезды, которые теоретически не должны находиться там; шаровые скопления сформировались так давно, что их звезды должны покинуть Главную последовательность. Очевидно, «голубые бродяги» образуются, когда две звезды проходят достаточно близко друг к другу, чтобы сформировать двойную систему, после чего более массивный компонент начинает перетягивать вещество своего менее плотного спутника.

В результате главная звезда разогревается и снова становится голубым гигантом. В скоплении 47 Тукана известно более двадцати таких звезд; одиннадцать из них были обнаружены с помощью космического телескопа Хаббла в 1991 году. Однако результаты исследований не подтверждают распространенное предположение, что в центре шарового скопления может находиться сверхмассивная черная дыра.

В каталоге Мессье есть несколько объектов, известных как планетарные туманности. Как мы уже говорили, это неудачное название, поскольку данные объекты не являются настоящими туманностями и не имеют ничего общего с планетами.

Планетарная туманность — это очень старая звезда, сбросившая свои внешние слои и окруженная обширной, но сильно разреженной оболочкой газообразного вещества. Когда мы смотрим на эту оболочку, она сияет ярче всего у краев, создавая впечатление кольца вокруг маленькой горячей центральной звезды. Лучшим примером планетарной туманности является кольцевая структура М.57 между Бетой и Гаммой Лиры, в окрестностях Веги. Ее очень трудно разглядеть в бинокль, но она видна в любительский телескоп, а с помощью более мощного инструмента можно увидеть центральную звезду.

Облик туманности можно сравнить с крошечным светящимся велосипедным колесом. Однако не все планетарные туманности имеют такое симметричное строение; М.27 в созвездии Лисички заслужила название Гантели, а

две звезды в гораздо более слабой туманности М.97 в созвездии Большой Медведицы получили прозвище Совы.

Одна планетарная туманность, Хайн 1357, наблюдалась в процессе формирования. (Она называется так потому, что это был 1357-й объект в списке необычных звезд, составленном Карлом Хайнцем.) Она находится примерно в 18 000 световых лет от нас, в южном созвездии Жертвенника. Когда Хайнц впервые заметил ее, она выглядела как обычная горячая звезда, но в 1993 году на фотографии, полученной с космического телескопа Хаббла, стало видно, что она сбросила свои внешние слои и приобрела облик планетарной туманности. Фактически этот процесс мог начаться много тысяч лет назад, но излучение звезды лишь недавно заставило светиться внешние облака разреженного газа.

Крабовидная туманность является единственным остатком сверхновой в списке Мессье (кстати, она идет под номером 1), но есть также ряд газообразных, или галактических, туманностей. Наиболее известна М.42 в созвездии Ориона, которая находится в 1500 световых лет от нас и имеет диаметр около 30 световых лет. Это «звездные ясли», где содержится много очень молодых звезд, еще не вступивших на линию Главной последовательности и хаотично изменяющих свой блеск.

Мы не можем увидеть центр М.42, но инфракрасное излучение не задерживается веществом туманности, поэтому мы знаем, что глубоко внутри находятся очень массивные моло-

дые звезды, которые нельзя увидеть в оптические приборы.

Туманности сияют, потому что они освещаются горячими звездами изнутри или на окраинах. Некоторые туманности сияют только отраженным светом, но в других случаях очень горячие звезды ионизируют водород и заставляют его испускать световое излучение; такие эмиссионные туманности еще называются зонами H. II.

Туманность М.42 представляет собой лишь наиболее яркую часть огромного молекулярного облака, рассредоточенного в области созвездия Ориона. Среди других заметных туманностей можно назвать Лагуну (М.8) и Трилистник (М.20) в созвездии Стрельца, а также туманность, окружающую неправильную переменную Эту Кормы в южном небе.

Но предположим, что рядом нет звезд, подсвечивающих вещество туманности. Что тогда? Ответ заключается в том, что туманность останется темной, и ее можно будет определить лишь по отсутствию света фоновых звезд.

Наиболее известной из темных туманностей является Угольный Мешок в созвездии Южного Креста, который выглядит как совершенно беззвездный участок (есть лишь несколько очень слабых фоновых звезд, выглядывающих из-за сплошной черноты).

Другая темная туманность возле Альнитака в поясе Ориона известна под названием Конская Голова, так как ее форма напоминает шахматного коня. Ее очень трудно наблюдать визуально, даже в мощный телескоп, но легко сфотографировать, и она четко выделяется на фо-

не яркой туманности, окружающей ее. В созвездии Лебедя можно видеть темные «щели» в Млечном Пути, также вызванные облаками межзвездного вещества.

Темные и яркие туманности ничем не отличаются, кроме наличия или отсутствия звезд, подсвечивающих разреженное вещество. Если бы мы вели наблюдения с другой части Галактики, то Угольный Мешок мог бы оказаться ярким, а меч Ориона — темным. Галактика велика и многообразна, и мы видим лишь одну из ее граней.

ГЛУБИНЫ ВСЕЛЕННОЙ

В эпоху светового загрязнения есть много людей, которые, должно быть, никогда не видели Млечный Путь во всей красе. Он кажется особенно величественным на фоне ясного темного неба и был известен еще на заре человеческой истории; в каждой стране есть свои легенды о нем.

Сэр Вильям Гершель впервые решил определить форму Галактики и осознал, что вид ленты Млечного Пути зависит от перспективы наблюдения. Он пришел к выводу, что Галактика должна иметь форму «расколотого жернова», что не очень далеко от истины, но ее размер был установлен только в 1917 году, когда Харлоу Шепли провел измерения на горе Уилсон.

Как мы уже говорили, Солнце находится примерно в 30 000 световых лет от центра Галактики. Мы также знаем, что Галактика вращается; Солнце совершает один полный оборот вокруг ее центра за 225 000 000 лет, и этот период часто называется галактическим годом.

Один галактический год наиболее развитыми формами жизни на Земле были амфибии — даже динозаврам еще предстояло пережить пору своего расцвета. Интересно пофантазировать о том, какие условия будут царить на Земле через один галактический год.

Мы не можем видеть центр Галактики. Мы знаем, где он находится — за звездными облаками в созвездии Стрельца, — но «звездная пыль», лежащая на пути, скрывает его. К счастью, есть другие методы исследований.

Пыль не задерживает инфракрасное излучение и радиоволны, поэтому мы можем кое-что узнать о том, что происходит в центре Галактики. Там есть мощный источник радиоизлучения, известный как Стрелец А, что может указывать на существование массивной черной дыры, хотя его истинная природа пока остается неизвестной. В любом случае, он находится совсем рядом с физическим центром масс нашей галактической спирали.

Мы знаем, что Галактика имеет спиральную форму. Первое подтверждение этому было получено с помощью радиоастрономии вскоре после конца Второй мировой войны.

По Галактике рассеяны облака холодного водорода, испускающие радиоизлучение с длиной волны 21,1 сантиметра. Расположение этих облаков подтверждает наличие спиральных рукавов, у края одного из которых находится наше Солнце. В этом нет ничего удивительного, и наша Галактика ничем не выделяется среди миллионов своих подобий в бесконечной Вселенной.

Как далеко вы можете видеть невооруженным глазом? Если задать такой вопрос, большинство людей ответит «пожалуй, на несколько миль», но правильнее будет сказать: «Около 12 миллионов миллионов миллионов миль», так как это расстояние до М.31, Галактики Андромеды, находящейся от нас на расстоянии примерно 2,2 миллиона световых лет и являющейся наиболее удаленным объектом, который можно различить без помощи оптических приборов. В течение долгого времени его истинная природа оставалась неизвестной.

Туманности в каталоге Мессье делятся на две четкие категории. Некоторые, такие, как М.42 в созвездии Ориона, похожи на массы межзвездного газа; другие, как М.31, создают впечатление межзвездных систем. Никто не мог утверждать с уверенностью, принадлежат ли звездные туманности Млечному Пути или являются независимыми системами, «звездными островами» на гораздо большем расстоянии от нас.

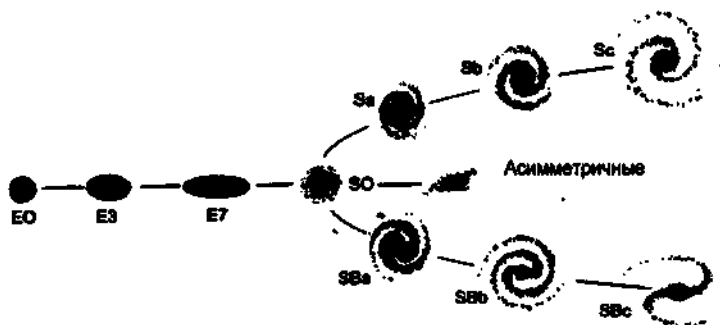
В 1845 году третий граф Росс с помощью своего самодельного 72-дюймового рефлектора в ирландском замке Бирр увидел, что многие звездные туманности имеют спиральную форму, хотя другие были круглыми, эллиптическими и даже асимметричными. Разумеется, они заметно отличались от газовых облаков, но все зависело от того, как далеко они находятся.

Проблема была решена в 1923 году Эдвином Хабблом, работавшим со 100-дюймовым телескопом на горе Уилсон. Он знал закономерности периодического изменения блеска цефеид,

установленные ранее мисс Левитт, и стал искать переменные звезды этого класса в некоторых спиральных, включая М.31. Он нашел их и измерил их периоды, что позволило определить расстояние. Сразу же стало ясно, что они не могут принадлежать нашей Галактике. Хаббл определил расстояние до М.31 в 900 000 световых лет, хотя в дальнейшем эта цифра заметно изменилась в сторону увеличения. Это стало одним из величайших открытий в истории астрономии, изменившим наши представления о Вселенной.

От идеи о том, что Земля является незначительной планетой в обычной Солнечной системе, мы пришли к идее о том, что сам Млечный Путь является незначительной Галактикой среди множества других.

Затем последовали новые открытия. В 1952 году Вальтер Бааде с помощью недавно построенного 200-дюймового рефлектора Паломарской обсерватории доказал, что при расчете шкалы



Классификация галактик по Хаббл

цефеид была допущена ошибка. Существует два вида обычных переменных звезд, причем один гораздо ярче другого, и Хаббл, пусть и неумышленно, сделал неправильный вывод. Переменные, которые он изучал, принадлежали к более мощному виду, и расстояние до Галактики М.31 по его расчетам было значительно занижено; его пришлось увеличить более чем в два раза.

Сходные ошибки были допущены при расчете расстояния до других галактик. В одной короткой статье, опубликованной на совещании Королевского астрономического общества в Лондоне, Бааде хладнокровно удвоил размеры видимой Вселенной.

Но ничто не может умалить ценность работ Эдвина Хаббла; именно он первый совершил великий прорыв. Вместе со своим коллегой Мильтоном Хьюмасоном (который начинал свою карьеру в качестве погонщика мулов, дослужился до привратника, а затем поднялся до ранга одного из величайших астрономов на свете) Хаббл составил классификацию внешних звездных систем, основанную на их форме. Старый термин «спиральная туманность» был заменен «Галактикой», а «туманность» теперь обозначала газопылевое облако.

Хаббл разделил галактики на пять главных классов. Сначала шли спирали, некоторые из них были действительно прекрасными; легко понять, почему М.51 в маленьком созвездии Гончих Псов получила название «Водоворот». Галактика М.31 также имеет спиральную форму, но расположена под острым углом к Зем-

ле, поэтому эффект во многом утрачивается. Существуют разнообразные подразделения под буквами А, В и С. Спирали класса Sa имеют хорошо сформированные, плотно закрученные рукава, отходящие от четкого ядра; спирали класса Sb имеют более растянутые рукава и не такое плотное ядро, а у спиралей класса Sc ядра слабо выражены, а рукава очень далеко отстоят друг от друга. Наша Галактика принадлежит к классу Sb.

У спирально-линейных галактик рукава отходят от концов «поперечины», проходящей через ядро; они подразделяются на классы SBa, SBb и SBc. Эллиптические галактики не проявляют признаков спирального строения. Они варьируются от класса E7 (сильно уплощенные) до E0 (почти сферические и очень похожие на шаровые скопления, но гораздо более массивные и с большим количеством звезд). И наконец, есть асимметричные галактики, не имеющие определенной формы.

Ныне считается, что примерно 30% галактик являются спиральными, 60% эллиптическими и 10% асимметричными, хотя эти оценки очень приблизительны.

Казалось естественным предполагать, что спирали должны развиваться в эллипсы, или наоборот, но это не совсем так. Скорее всего, окончательная форма зависит от первоначальной массы той или иной Галактики.

Форма спиральных рукавов тоже не остается постоянной. «Волны давления» прокатываются по плоскости системы и сжимают вещество, способствуя формированию звезд; это означает, что

в спиральной Галактике рукава будут существовать всегда, но они не всегда будут иметь такую же форму или находиться в том же положении.

Честно говоря, нельзя сказать, что галактики являются живописными объектами для визуального наблюдения, даже в мощные телескопы; наилучшие результаты достигаются при фотографировании или с помощью современного электронного оборудования. По крайней мере, мы можем видеть, что галактики содержат всевозможные объекты, знакомые нам по Млечному Пути. Там есть рассеянные и шаровые звездные скопления, планетарные и газопылевые туманности, новые и переменные звезды.

Время от времени вспыхивают сверхновые; чудовищная сила излучения позволяет видеть их даже на огромном расстоянии. В последние годы некоторые астрономы-любители сосредоточились на охоте за сверхновыми в других галактиках и имеют впечатляющий перечень успехов в этом занятии.

Наша Галактика входит в так называемую «локальную группу», включающую несколько крупных систем и более двух десятков скоплений меньшего размера. Ближайшими к нам являются два Магеллановых Облака на расстоянии менее 200 000 световых лет, которые можно изучать с большой подробностью. Немного дальше отстоит М.31 в созвездии Андромеды и спираль М.33 в созвездии Треугольника.

За последние десять лет было открыто еще несколько спиральных галактик, которые могут принадлежать к локальной группе, но на-

ходятся в зоне главной плоскости Млечного Пути и очень плохо различимы, так как их затмевает блеск звезд нашей Галактики.

- Мелкие представители локальной группы являются настоящими карликами; некоторые лишь ненамного превышают по размеру шаровые скопления и не имеют отчетливой формы.

Ближайшей из внешних карликовых систем является скопление в созвездии Стрельца, открытое в 1994 году Родриго Ибатой и его коллегами из Кембриджа. Оно находится на расстоянии примерно 80 000 световых лет, но расположено с дальней стороны Галактики, не более чем в 50 000 световых лет от ее центра. Как и Магеллановы Облака, оно является спутником нашей Галактики, но в отличие от них подвергается гравитационному распаду и через несколько сотен миллионов лет будет поглощено нашей Галактикой.

Локальная группа стабильна, а Галактика М.31 в настоящее время приближается к нам, хотя это не будет продолжаться вечно. Столкновения происходят время от времени, и с помощью космического телескопа Хаббла удалось обнаружить указания на двойную природу ядра М.31 — возможно, остаток меньшей системы, поглощенной в далеком прошлом,— хотя это всего лишь интерпретация, и у нас нет полной уверенности.

За пределами локальной группы мы обнаруживаем другие крупные скопления галактик, многие из которых гораздо больше нашей.

Скопление в созвездии Девы на расстоянии около 50 000 000 световых лет содержит много

сотен галактик, включая гигантскую эллиптическую М.87, которая также является мощным источником радиоизлучения (радиоастрономы называют ее «объект Дева А»). Возможно, что скопление в созвездии Девы является ступицей огромного количества систем, которое называется локальным сверхскоплением, но все группы удаляются от нас и друг от друга. Это означает, что Вселенная в целом расширяется.

Задолго до того, как Хаббл приступил к работе, Сильвестр Слипс из Лоуэлловской обсерватории сделал важное открытие. Он обнаружил, что, кроме систем, содержащихся в местной группе, все галактики обнаруживают красное смещение в своем спектре. Если допустить, что это эффект Доплера, то значит, галактики разбегаются во всех направлениях. Когда Хаббл измерил расстояние, стало ясно, что мы не находимся в привилегированном положении и расширение действительно происходит повсюду.

Цефеиды оказывают бесценную помощь при измерении расстояний до близких галактик, но когда мы имеем дело с более отдаленными системами, отдельные переменные звезды сливаются с общим фоном и приходится искать другие средства.

Мы можем пользоваться сверхгигантами, исходя из предположения, что наиболее яркие звезды в других галактиках имеют примерно такую же светимость, как самые яркие звезды Млечного Пути. Можно также пользоваться сверхновыми звездами. Но в конце концов даже блеска сверхновой оказывается недостаточ-

но, и мы возвращаемся к красному смещению. Измерив скорость удаления, можно приблизительно оценить расстояние. Хотя здесь неизбежны неточности, нам представляется, что наиболее отдаленные системы находятся на расстоянии примерно 13 миллиардов световых лет от нас и удаляются со скоростью, составляющей более 90% скорости света.

Следует сделать одно предупреждение. Некоторые астрономы, особенно Хэлтон Арп и сэр Фред Хойл, считают, что красное смещение не является чисто доплеровским эффектом и в нем присутствует значительный элемент, не связанный со скоростью.

Это мнение основано на любопытном факте: некоторые системы, соединенные «мостами» светящегося материала, кажутся связанными друг с другом, однако имеют совершенно разное красное смещение в своих спектрах. Если эта интерпретация правильна, то все расчеты для области за пределами нашей собственной Галактики недостоверны и многие излюбленные теории придется пересмотреть либо отвергнуть. Пока что мы будем придерживаться официальной точки зрения, но в глубине души я считаю, что Арп и Хойл со временем окажутся правы.

К 1963 году радиоастрономия вышла на передовые позиции. Были составлены каталоги источников радиоизлучения, особенно при участии кембриджских астрономов.

Главная проблема заключалась в отождествлении источников с оптическими объектами; в те дни радиотелескопы были далеко не такими точными, как сейчас. Но природа снова

пришла на помощь. Сильный источник 3С-273 (273-й объект в третьем кембриджском каталоге) был временно закрыт Луной, и это позволило определить его положение с большой точностью, отождествив его с бледно-голубой звездой. После изучения ее оптического спектра, выполненного Маартеном Шмидтом в Паломарской обсерватории, астрономы испытали настоящее потрясение: 3С-273 был совсем не звездой, а чем-то гораздо более необычным. Спектр вообще не принадлежал какому-либо из известных звездных классов и обнаруживал линии водорода наряду с огромным красным смещением. Это означало, что объект очень отдаленный и невероятно мощный; однако он выглядел очень маленьким. Как может такой небольшой источник излучать столько энергии? Если красное смещение дает настоящий ключ к расстоянию, то этот первый «квазар», или квазизвездный объект, был гораздо более мощным, чем любая обычная Галактика.

Вскоре были открыты другие квазары, и теперь известны сотни подобных объектов, хотя далеко не все они являются источниками радиоизлучения. Нет сомнений, что это ядра очень активных галактик, возможно, усиленные сверхмассивными черными дырами. Не исключено, что многие галактики проходят через временную стадию квазаров в своей эволюции.

Среди квазаров существует своя градация: так называемые объекты типа BL-Ящерицы довольно значительно отличаются по облику от квазаров, но являются очень мощными источниками радиоизлучения. Есть даже предположения,

что все квазары принадлежат к одному классу, а различия обусловлены углом наблюдения.

"Квазары сияют так ярко, что их можно видеть, когда обычные галактики исчезают, сливаясь с общим фоном. Иногда мы получаем множественное изображение — не потому, что квазар действительно состоит из отдельных компонентов, а потому, что его свет проходит через Галактику, которая играет роль линзы и воспроизводит несколько образов одного и того же квазара.

К числу подобных феноменов принадлежит так называемый «лист клевера», когда четыре образа квазара окружают Галактику, создающую эффект линзы.

Все это означает, что теперь мы можем изучать распределение галактик во Вселенной. Первоначальные результаты оказались совершенно неожиданными.

Существует четкая крупномасштабная структура со «стенами» и сверхскоплениями, а также огромными пустотами, где лишь изредка можно встретить звездные объекты. Но есть также огромное количество вещества, которое мы не видим, и это ставит нас перед одной из самых насущных проблем современной космологии. Речь идет о проблеме отсутствующей массы.

Галактика типа нашей «вращается, и отдельные звезды движутся вокруг центра системы. Согласно законам Кеплера, близкие звезды должны двигаться быстрее всего, наподобие планет Солнечной системы, но этого не происходит, и орбитальные скорости не совпадают с теоре-

тическими расчетами. Единственный вывод заключается в том, что основная масса Галактики не сосредоточена в центре системы и существует огромное количество невидимого материала. Это также объясняет, почему скопление галактик сохраняет свои отдельные элементы. Там недостаточно видимого вещества, чтобы они были стабильными; следовательно, мы имеем дело с «темным веществом» непонятной природы.

Было даже подсчитано, что видимый материал во Вселенной — планеты, звезды, галактики и так далее — составляет не более десяти процентов общей массы. Все остальное не поддается определению.

Что же это может быть? Возможно, масса сосредоточена в бесчисленных черных дырах? Или есть такие слабые звездные скопления, что их нельзя увидеть? Или природа темного вещества совершенно чужда нам и современные приборы не в силах зарегистрировать его присутствие? Пока что мы не знаем, но проблема приобретает фундаментальное значение, когда мы подходим к обсуждению прошлого и будущего Вселенной. В особенности нам хочется знать, будет ли нынешнее расширение продолжаться до бесконечности, или общей массы все же достаточно, чтобы расширение когда-нибудь прекратилось. Это приводит нас к вопросу о происхождении самой Вселенной.

Есть два возможных ответа. Либо Вселенная зародилась в определенный момент времени, либо она существовала всегда. Обе эти идеи в равной мере трудны для понимания. Мы не мо-

жем представить себе период времени, не имеющий начала, и точно так же бесполезно даже пытаться понять, каким образом вещество обрело бытие. Неопровержимый факт заключается в том, что мы существуем, а значит, атомы и молекулы, из которых состоит все во Вселенной, должны откуда-то происходить. Если мы примем другое объяснение и предположим, что Вселенная началась с Большого Взрыва около 15 миллиардов лет назад, то нам придется задать вопрос, что же происходило раньше. На это можно лишь ответить, что если время, пространство и вещество появились одновременно, то никакого «раньше» вообще не было.

Данные астрономических наблюдений свидетельствуют не в пользу стабильной Вселенной, и если мы начнем с Большого Взрыва, то по крайней мере можем восстановить всю последовательность событий, заканчивая появлением человека на Земле. Вселенная родилась; она была очень маленькой и невероятно горячей. Мы не можем сказать, где произошел Большой Взрыв, так как если пространство было создано в одно мгновение, то он произошел везде. Началось расширение — сначала очень быстрое (так называемый период раздувания), а затем более медленное. Температура упала, из первичного водорода образовались сложные атомы, а со временем образовались галактические туманности. Затем последовало формирование звезд, планет и — когда речь идет о Земле — органической жизни.

Судя по нынешней скорости расширения, мы можем подсчитать, что Большой Взрыв произошел от 15 до 20 миллиардов лет назад, с явным предпочтением по отношению к первой оценке. Слабые радиоизлучения, поступающие к нам со всех сторон, указывают на то, что фоновая температура Вселенной составляет около трех градусов выше абсолютного нуля (-273°C , самая низкая возможная температура). Предположительно, это является последним зримым проявлением Большого Взрыва. Если первоначально Вселенная начала расширяться во всех направлениях, то непросто понять, как сформировались галактики, но в 1993 году специальный зонд COBE, предназначенный для исследования фоновых излучений, зарегистрировал слабые неравномерности в их распределении, и таким образом было устранено еще одно крупное возражение против теории Большого Взрыва.

Подходя к вопросу о том, как именно произошел Большой Взрыв, мы вынуждены признать свое полное невежество, так как все обычные законы физики в данном случае утрачивают силу. Я как-то сравнил это с положением разумного внеземного существа, посетившего Землю с коротким визитом и в течение получаса наблюдающего за оживленной улицей. Существо видит младенцев, детей, взрослых и пожилых людей. Если оно достаточно умное, то поймет, что младенец становится ребенком, а ребенок взрослым человеком, и сможет определить цикл развития человека, но если кто-нибудь не расскажет ему о реалиях человеческой жизни, оно никогда не узнает,

каким образом дети появляются на свет. В космологии нашим «младенцем» является Большой Взрыв.

Мы не знаем, будет ли расширение продолжаться до бесконечности или сменится сжатием. Здесь мы снова возвращаемся к вопросу о средней плотности вещества во Вселенной. Если масса превосходит определенную критическую величину, расширение прекратится, галактики снова начнут сближаться; где-то через 80 миллиардов лет произойдет новый Большой Взрыв, и цикл повторится. Если общей массы недостаточно, то расширение будет продолжаться до тех пор, пока все группы галактик не утратят контакт друг с другом. При первом сценарии Вселенная напоминает часы с регулярной заводкой пружины; при втором сценарии она больше похожа на часы, заведенные один раз, которые в конце концов должны будут остановиться.

Мы испытываем сходные трудности при определении фактического размера Вселенной. Является ли она конечной? И все же у нас есть одна путеводная нить. Если правило «чем дальше, тем быстрее» соответствует действительности, то мы приходим к расстоянию, когда система удаляется от нас со скоростью света. Тогда мы никак не можем видеть ее и автоматически приходим к границе наблюдаемой Вселенной, хотя не обязательно-Вселенной в целом. Вероятно, пограничное расстояние составляет около 15 миллиардов световых лет. Есть надежда, что усовершенствованный космический телескоп Хаббла сможет вывести нас за внешние

пределы, но пока остается лишь ждать и строить догадки.

В 1994 году телескоп Хаббла предоставил в распоряжение ученых довольно удивительную информацию. Очень точное измерение расстояния до Галактики М. 100 в скоплении Девы, вместе с информацией о ее скорости убегания, указывает на то, что Большой Взрыв мог произойти позже, чем предполагалось. В таком случае возраст Вселенной составляет менее 12 миллиардов лет. Если это верно, то возраст самых старых звезд не должен превышать эту цифру — ведь едва ли допустимо полагать, что звезда может быть старше Вселенной. Как бы то ни было, наши знания об эволюции Вселенной являются еще далеко не полными.

Мы прошли долгий путь с тех пор, как Земля считалась центром Вселенной, а небо со всеми его чудесами — божественным благодеянием для человечества. Однако мы до сих пор слабо ориентируемся в фундаментальных вопросах и не можем претендовать на то, что добились большого прогресса в понимании самой важной проблемы, или проблемы Творения. Возможно, когда-нибудь мы найдем ответ.

В БУДУЩЕЕ

В 1991 году в Буэнос-Айресе состоялась генеральная ассамблея Международного астрономического союза, который является главным координирующим органом мировой астрономии. Одно совещание привлекло к себе повышенный интерес: там обсуждалась возможность существования внеземного разума. Возможно ли это, и что нам следует предпринять, если мы найдем какие-либо доказательства? В конце концов, Солнце является обычной звездой, одной из ста миллиардов только в нашей Галактике, и вера в уникальность жизни не согласуется с требованиями логики. Но не стоит делать поспешных выводов: сначала нужно разобраться, какую форму вообще может принять внеземная жизнь.

Не претендуя на глубокие познания самого "феномена жизни", мы довольно много знаем о качествах органического вещества. Считается, что его основным ингредиентом является углерод, так как лишь атом углерода обладает способностью образовывать связи с другими атомами и формировать большие, сложные молекулы,

необходимые для возникновения жизни. Единственным возможным соперником является кремний, но он менее эффективен, и вероятность возникновения жизни на кремнийорганической основе представляется маловероятной. Таким образом, мы вправе предположить, что жизнь, где бы она ни зародилась, должна иметь углеродную основу. Если это неверно, то почти все положения современной науки тоже ошибочны, а с этим мало кто может согласиться.

Если планета, похожая на Землю, вращается вокруг звезды, похожей на Солнце, то там вполне может возникнуть жизнь земного типа; если эволюция там происходила по сходному сценарию, то появляется вероятность контакта с внеземным разумом.

При нынешнем состоянии технологии межзвездные путешествия являются делом отдаленного будущего, а когда мы начинаем рассуждать о таких устройствах, как «межзвездные врата», гиперпространственные двигатели и телепортация, то вступаем в царство научной фантастики. Поэтому, если мы хотим установить контакт с другими цивилизациями, единственным возможным способом будет радио, так как радиоволны — это электромагнитные вибрации, распространяющиеся со скоростью света.

Первая серьезная попытка была предпринята в 1960 году астрономами из обсерватории Грин-Банк в Западной Вирджинии. С помощью мощного радиотелескопа они прослушивали радиоволны на длине 21,1 сантиметра, надеясь зарегистрировать регулярные сигналы искусственного происхождения. Эта длина волны была

выбрана потому, что на такой частоте излучают облака холодного водорода в нашей Галактике, привлекающие особое внимание радиоастрономов, где бы они ни находились. Не удивительно, что первая попытка не привела к положительному результату, и эксперимент был прерван; следующие попытки тоже не увенчались успехом. Однако хотя шансы принять внеземное сообщение очень малы, они все же не равны нулю.

Во-первых, нужно решить, где искать. Мы знаем о существовании звезд, связанных с облаками холодного материала, из которого могут образоваться планетные системы. Вега является одной из таких звезд, Фомальгаут — другой, но обе они белые и горячие.

Самым многообещающим кандидатом кажется Бета Живописца, где облака холодного вещества были даже сфотографированы. Но Бета Живописца находится в 78 световых годах от нас, и нужно искать звезду, гораздо больше похожую на наше Солнце.

Тогда двумя ближайшими кандидатами оказываются Тау Кита и Эпсилон Эридана. Обе звезды расположены в 11 световых годах от нас. Они немного меньше и холоднее, чем Солнце, но являются подходящей целью для первой серьезной исследовательской программы.

У нас нет доказательств, что там существуют планетные системы, но... почему бы и нет? То, что произошло с Солнцем, вполне могло произойти и с другими звездами. Когда мы считали, что планеты Солнечной системы сформировались из газового облака, отделившегося

от Солнца под воздействием блуждающей звезды, существование других планетных систем было под большим вопросом, поскольку звезды очень редко сближаются друг с другом — по крайней мере, в нашей части Галактики. Но теперь, когда мы разработали теорию солнечной туманности, есть все основания полагать, что многие звезды могут иметь собственные планетные системы. Эта точка зрения была подкреплена в 1983 году информацией, полученной с IRAS («инфракрасного астрономического спутника»), определившего большое число звезд, окруженных холодными газовыми облаками.

Когда речь заходит о приеме или передаче сообщений, единственной возможной процедурой является использование математического языка. Мы не изобрели математику, а лишь открыли ее, и математические законы универсальны. Если мы получим достаточно ритмичный сигнал, чтобы не сомневаться в его искусственном происхождении, у нас будет необходимое доказательство.

Серьезной проблемой является неизбежная задержка во времени. Скажем, если мы пошлем сообщение к Тау Кита в 1995 году, то оно достигнет цели в 2006 году. Исходя из предположения, что внеземной радиоастроном услышит сообщение и немедленно пошлет ответ, мы получим его в 2017 году, и общая задержка составит 22 года. К сожалению, мы ничего не можем с этим поделать.

Всегда существует вероятность того, что иная цивилизация овладела искусством межзвездных путешествий и ее представители могут нанести

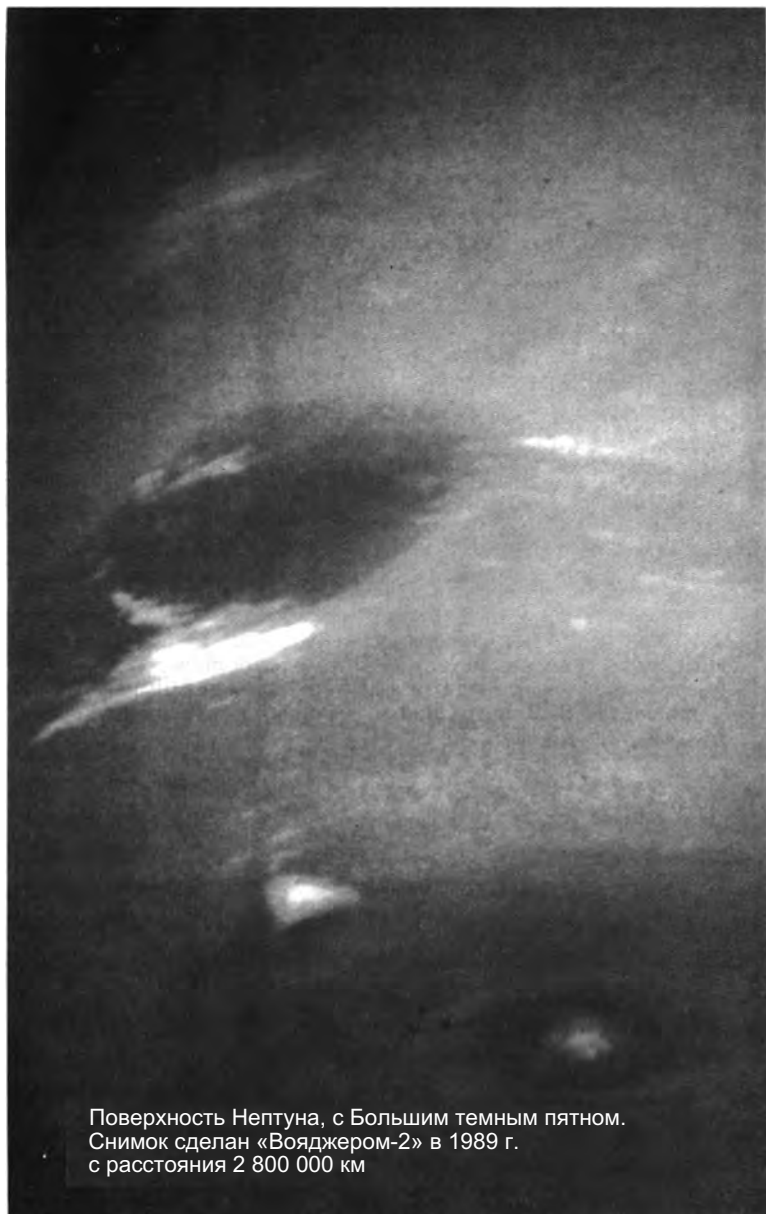
нам визит. До сих пор нет ни малейших доказательств того, что это уже случилось, и мы не можем всерьез рассматривать повальное увлечение «летающими тарелками», охватившее западные страны начиная с конца 1940-х годов, но подобные контакты нельзя исключить полностью. Если это когда-нибудь произойдет, у нас нет причин для беспокойства, так как любая цивилизация, достаточно развитая для межзвездных путешествий, давно забудет про такие детские шалости, как война и агрессия. Откровенно говоря, я бы только приветствовал такой визит. Я вполне уверен, что иная цивилизация могла бы передать нам знания не только о мире, но и о самих себе.

В Галактике могут существовать всевозможные цивилизации, от культур каменного века до древних рас, далеко опередивших нас в технологическом и нравственном отношении. Могут быть и мертвые, радиоактивные планеты, чьи обитатели давно истребили друг друга. Нам остается лишь надеяться, что такая судьба не постигнет Землю по нашей собственной глупости.

И наконец, что можно сказать о возможности экзотических путешествий, для которых скорость света не является непреодолимым препятствием? В настоящее время мы не имеем представления, как это может происходить. Для этого потребуется фундаментальный прорыв, который может произойти в обозримом будущем либо вообще никогда не произойдет. Много смелых идей из области научной фантастики впоследствии подкреплялось научными фактами;

и стоит заметить, что радио и телевидение показались бы чистейшей выдумкой во времена разгрома испанской Армады. Однако сейчас любые рассуждения о подобных путешествиях представляются не только беспочвенными, но и довольно бессмысленными.

Немногие астрономы до сих пор утверждают, что человечество уникально и во Вселенной нет никакой другой жизни. Возможно, они правы, но я в этом сомневаюсь. С моей точки зрения, вполне возможно, что в этот самый момент где-то в Галактике есть автор, который размышляет над той же проблемой и задается вопросом, может ли существовать разумная жизнь на планете, вращающейся вокруг желтого карликового светила, известного нам под названием Солнце.



Поверхность Нептуна, с Большим темным пятном.
Снимок сделан «Вояджером-2» в 1989 г.
с расстояния 2 800 000 км



Поверхность Луны.

На снимке, сделанном астронавтами «Аполлона-17», можно видеть лунный вездеход. Доктор Харрисон Шмитт устанавливает ALSEP (автономный комплект для исследования лунной поверхности)



Поверхность Венеры.

Снимок сделан советским космическим зондом «Венера-13» в марте 1982 г. На фотографии видна часть спускаемого аппарата



Запуск орбитального телескопа Хаббла
с борта космического челнока,
25 апреля 1990 г.



Луна, 5 часов до полнолуния.
Фотография командера Г. Р. Хатфилда



**Англо-австралийский телескоп
в Сайд-Спринг (штат Новый
Южный Уэльс, Австралия)
с диаметром зеркала 389 дюймов.**
Фотография Патрика Мура

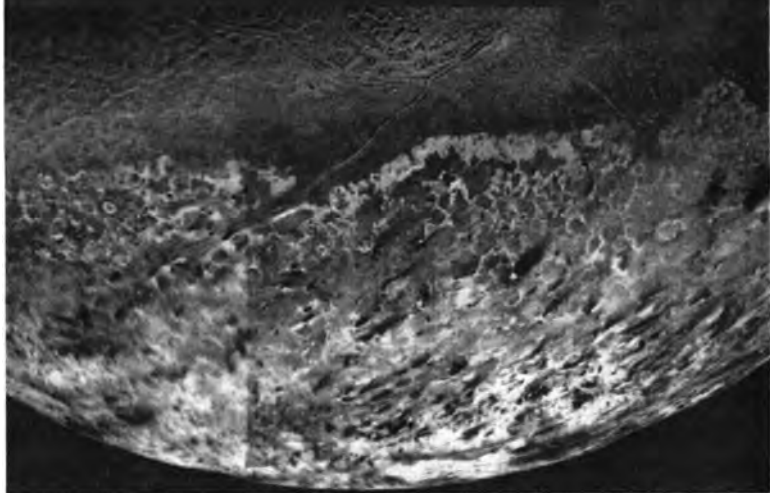
Посадочный модуль «Викинга-1» на Марсе.
Видна механическая «рука» и ковш для
отбора проб



Большая туманность в созвездии Ориона (M.42).
Снимок Паломарской обсерватории

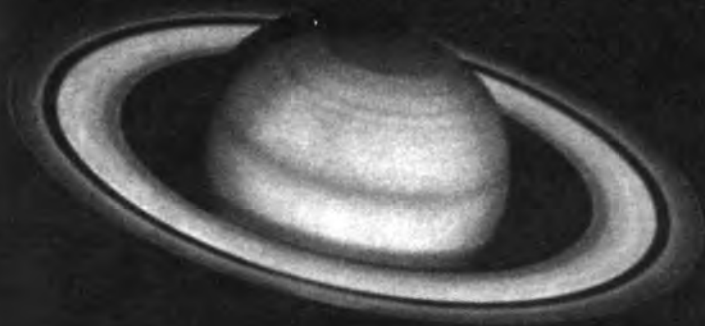


Поверхность Тритона в области полярной шапки.
Снимок сделан «Вояджером-2» в 1989 г.



Рассеянное скопление Плеяд.
Снимок Паломарской обсерватории





Сатурн.

*Снимок сделан с космического телескопа
Хаббла*



Купола обсерватории на горе Мауна-Кеа. Инфракрасный
телескоп Соединенного Королевства (UKIRT) на переднем
плане и 88-дюймовый рефлектор.

Фотография Патрика Мура, 1990 г.



Старт солнечного полярного зонда «Улисс», 6 октября 1990 г.
фотография Патрика Мура

ПРИЛОЖЕНИЯ

СВЕДЕНИЯ О ПЛАНЕТАХ

Планета	Среднее расстояние от Солнца, млн миль	Орбиталь- ный период	Период осевого вращения	Наклон оси, градусы
Меркурий	36	88 дней	58,6 дня	2
Венера	67	224,7 дня	243 дня	178
Земля	93	365,2 дня	23 ч 56 мин	23,4
Марс	141,5	687 дней	24 ч 37 мин	24
Юпитер	483	11,9 года	9 ч 50 мин	3
Сатурн	886	29,5 года	10 ч 14 мин	26
Уран	1783	84 года	17 ч 14 мин	98
Нептун	2793	164,8 года	16 ч 07 мин	29
Плутон	3666	247,7 года	6 дней 9 ч	122

Планета	Эксцентриситет орбиты	Наклон орбиты, градусы	Величина	Количество спутников
Меркурий	0,206	7,0	-1,9	0
Венера	0,007	3,4	-4,4	0
Земля	0,017	0	—	1
Марс	0,093	1,9	-2,8	2
Юпитер	0,048	1,3	-2,6	16
Сатурн	0,056	2,5	-0,3	18
Уран	0,047	0,8	+5,6	15
Нептун	0,009	1,8	+7,7	8
Плутон	0,248	17,1	+14	1

* Максимальная звездная величина при наблюдении с Земли.

Планета	Экваториальный диаметр, миль	Скорость убегания, миль/с	Сила тяжести на поверхности (Земля = 1)	Масса (Земля = 1)	Средняя температура на поверхности, °C
Меркурий	3030	2,6	0,38	0,06	+427
Венера	7523	6,4	0,90	0,86	+480
Земля	7926	7,0	1,0	1,0	+22
Марс	4222	3,2	0,38	0,11	-23
Юпитер	89 424	37	2,64	318	-150
Сатурн	74 914	22	1,16	95	-180
Уран	31 770	14	1,17	15	-214
Нептун	31 410	15	1,2	17	-220
Плутон	1444	0,7	0,06	0,002	-230

СВЕДЕНИЯ О МАЛЫХ И ГЛАВНЫХ СПУТНИКАХ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

У Юпитера 11 малых спутников. Метис, Адрастея и Феба движутся в пределах орбиты Ио, а остальные за орбитой Каллисто. Леда, Гималия, Лиситея и Илара образуют одну группу, а Ананка, Карме, Пасифая и Синопа — другую. Последние четыре спутника движутся по ретроградным орбитам.

У Сатурна 8 малых спутников: Пан, Атлас, Прометей, Янус и Эпимет движутся в пределах орбиты Мимаса, а Телесто и Калипсо — по одной орбите с Тетином. В последнее время появились данные, указывающие на присутствие еще нескольких малых спутников.

У Урана 10 малых спутников в пределах орбиты Миранды: Корделия, Офелия, Бьянка, Крессида, Дездемона, Джульетта, Порция, Розалинда, Белинда и Пак.

У Нептуна шесть малых спутников, движущихся в пределах орбиты Тритона: Наяда, Таласса, Деспина, Галатея, Ларисса и Протей.

Название	Среднее расстояние от центра планеты, тыс. миль	Орбитальный период			Диаметр, миль (макс.)	Величина
		дни	часы	минуты		

ЗЕМЛЯ

Луна	239	27	7	43	2160	-12,7 (полная)

МАРС

Фобос	5,8	0	7	39	17 x 14 x 11	11,6
Деймос	14,6	1	6	18	9 x 7 x 6	12,8

ЮПИТЕР

Амальтея	113	0	11	57	163 x 91 x 89	14,1
Ио	262	1	18	28	2264	5,0
Европа	417	3	13	14	1945	5,3
Ганимед	666	7	3	43	3274	4,6
Каллисто	1170	16	16	32	2981	5,6

САТУРН

Мимас	115	0	22	37	261	12,9
Энцелад	148	1	8	53	318	11,8
Тетис	183	1	21	18	650	10,3
Диона	235	2	17	41	696	10,4
Рея	328	4	12	25	950	9,7
Титан	760	15	22	41	3201	8,3
Гиперион	920	21	6	38	224	14,2
Япет	2200	79	7	56	892	10,0*
Феба	8050	550	10	50	143	16,5

УРАН

Миранда	81	1	19	50	293	16,5
Ариэль	119	2	12	29	720	14,4
Умбриэль	166	4	3	28	727	15,3
Титания	272	8	16	56	981	14,0
Оберон	365	13	11	7	947	14,2

НЕПТУН

Тритон	220	5	21'	-3	1681	13,6
Нереида	3640	359	21	7	149	18,7

ПЛУТОН

Харон	12,2	6	9	17	753	16,8

* Величина изменяется во времени.

НЕКОТОРЫЕ АСТЕРОИДЫ

Название	Среднее расстоя- ние от Солнца, млн миль	Орби- тальный период, лет	Диаметр, миль	Период враще- ния, часы	Звездна; вели- чина (макс.)
1 Церера	257,0	4,61	584	9,1	7,4
2 Паллада	257,4	4,62	360 x 292	7,8	8,0
3 Юнона	247,8	4,36	179 x 143	7,2	8,7
4 Веста	219,3	3,63	358	5,3	6,5
5 Астрада	239,3	4,14	75	16,8	9,8
10 Гигия	292,6	5,59	267	17,5	10,2
243 Ида	260,4	4,84	24 x 21	4,6	14,6
279 Туле	394,8	8,23	81		15,4
433 Эрос	166,9	1,76	15	5,3	8,6
588 Ахиллес	470,0	11,77	72	58,0	15,3
944 Идальго	365,0	14,15	17	10,0	15,3
951 Гаспра	187,0	3,28	15	20,0	14,1
1221 Амур	140,0	2,66	1		18,0
1566 Икар	120,0	1,12	1	2,3	18,0
1685 Торо	99,0	1,60	5	7,6	10,2
1862 Аполлон	99,0	1,78	1	1,4	17,0

2060 Хирон	1255,0	50,7	150	6,0	17,0
2062 Атон	81,0	0,95	1		18,0
2100 Ра-Шалом	61,0	0,76	0,3	20,0	19,0
2340 Атор	61,0	0,77	0,3		19,0
3200 Фазтон	66,0	1,43	3	4,0	17,0
5145 Фолус	1893,0	93,0	150		21,0
1992 QB1	3100,0	290,0	150		21,0

НЕКОТОРЫЕ КОМЕТЫ

Название	Период, лет	Расстояние от Солнца, млн миль	
		минимальное	максимальное
Энке	3,3	32	380
Григга — Скъеллерпа	5,1	93	460
Д'Арреста	6,2	110	520
Понса — Виннеске	6,3	116	520
Якобини — Циннера	6,5	92	550
Финлея	6,9	102	580
Фэя	7,4	150	560
Туттла	13,3	95	970
Кроммелина	27,9	69	1640
Темпеля — Туттла	32,9	91	1820
Галлея	76,1	55	3290
Свифта — Туттла	130,0	89	4800

ГЛАВНЫЕ МЕТЕОРНЫЕ ДОЖДИ

Название	Начало	Максимум	Окончание	ZHR
Квадран- тиды	1 января	4 января	6 января	60
Лириды	19 апреля	21 апреля	25 апреля	10
Персеиды	23 июля	12 августа	20 августа	75
Ориониды	16 октября	22 октября	27 октября	25
Тауриды	20 октября	3 ноября	30 ноября	10
Леониды	15 ноября	17 ноября	20 ноября	меняется
Геминиды	7 декабря	13 декабря	16 декабря	75

СОЗВЕЗДИЯ

Крупные и значимые созвездия набраны заглавными буквами. Полушарие указывает положение основной части сообщения. «З» означает «зодиакальный».

Название	Русское название	Звезды 1-й величины	Полушарие
ANDROMEDA	Андромеда		С
Antlia	Насос		Ю
Apus	Райская Птица		Ю
AQUARIUS	Водолей		Ю, 3
AQUILA	Орел	Альтаир	Ю, 3
Ara	Жертвенник		с
ARIES	Овен		с, 3
AURIGA	Возничий	Капелла	с
BOOTES	Волопас	Арктур	с
Caelum	Резец		ю
Camelopardalis	Жираф		с
CANCER	Рак		С, 3
Canes Venatici	Гончие Псы		с
CANIS MAJOR	Большой Пес	Сириус	ю
Canis Minor	Малый Пес	Процион	с
CAPRICORNUS	Козерог		Ю, 3
CARINA	Киль	Канопус	ю
CASSIOPEIA	Кассиопея		с
CENTAURUS	Центавр	α Центавра	ю
Cepheus	Цефей		с
CETUS	Кит		ю
Chamaeleon	Хамелеон		ю
Circinus	Циркуль		ю
Columba	Голубь		ю
Coma	Волосы		с
Berenices	Вероники		

Название	Русское название	Звезды 1-й величины	Полушарие
Corona Australis	Южная Корона		Ю
Corona Borealis	Северная Корона		С
Corvus	Ворон		Ю
Crater	Чаша		Ю
CRUX AUSTRALIS	Южный Крест	а Южного Креста	Ю
CYGNUS	Лебедь	Денеб	С
Delphinus	Дельфин		С
Dorado	Золотая Рыба		Ю
DRACO	Дракон		С
Equuleus	Малый Конь		С
ERIDANUS	Эридан	Ахернар	Ю
Fornax	Печь		Ю
GEMINI	Близнецы	Поллукс	С
Grus	Журавль		Ю
HERCULES	Геркулес		С
Horologium	Часы		Ю
HYDRA	Гидра		Ю
Hydrus	Южная Гидра		Ю
Indus	Индеец		Ю
Lacerta	Ящерица		С
LEO	Лев	Регул	С
Leo Minor	Малый Лев		С
Lepus	Заяц		Ю
LIBRA	Весы		Ю, 3
Lupus	Волк		Ю
Lynx	Рысь		с
LYRA	Лира	Вега	с
Mensa	Столовая Гора		ю
Microscopium	Микроскоп		ю
Monoceros	Единорог		Экв.
Musca Australis	Муха		ю
Norma	Наугольник		ю

Название	Русское название	Звезды 1-й величины	Полушарие
Octans	Октант		Ю
OPHIUCHUS	Змееносец		Экв.
ORION	Орион	Ригель, Бетельгейзе	Экв.
Pavo	Павлин		Ю
PEGASUS	Пегас		С
PERSEUS	Персей		С
Phoenix	Феникс		Ю
Pictor	Живописец		Ю
Pisces	Рыбы		С, 3
Piscis Australis	Южная Рыба	Фомальгаут	Ю
PUPPIS	Корма		Ю
Pyxis	Компас		Ю
Reticulum	Сетка		Ю
Sagitta	Стрела		С
SAGITTARIUS	Стрелец		Ю, 3
SCORPIUS	Скорпион	Антарес	Ю, 3
Sculptor	Скульптор		ю
Scutum	Щит		ю
Serpens	Змея		С
Sextans	Секстант		ю
TAURUS	Телец	Альдебаран	с
Telescopium	Телескоп		ю
Triangulum	Треугольник		с
Triangulum A australe	Южный Треугольник		ю
Tucana	Тукан		ю
URSA MAJOR	Большая Медведица		с
URSA MINOR	Малая Медведица		с
VELA	Паруса		ю
VIRGO	Дева	Спика	Экв.
Volans	Летучая Рыба		ю
Vulpecula	Лисичка		с

ЗВЕЗДЫ ПЕРВОЙ ВЕЛИЧИНЫ

		Спектр	Величина	Склонение
Альфа Большого Пса	Сириус	A	-1,5	-17
Альфа Киля	Канопус	F	-0,7	-53
Альфа Центавра		K+G	-0,3	-61
Альфа Волопаса	Арктур	K	-0,0	+19
Альфа Лиры	Вега	A	0,0	+39
Альфа Возничего	Капелла	G	0,1	+46
Бета Ориона	Ригель	B	0,1	-08
Альфа Малого Пса	Процион	F	0,4	+02
Альфа Эридана	Ахернар	B	0,5	-57
Альфа Ориона	Бетельгейзе	M	перем.	+07
Бета Центавра	Агена	B	0,6	-60
Альфа Орла	Альтаир	A	0,8	+09
Альфа Южного Креста	Акрус	B+B	0,8	-63
Альфа Тельца	Альдебаран	K	0,8	+17
Альфа Скорпиона	Антарес	M	1,0	-26
Альфа Девы	Спика	B	1,0	-11
Бета Близнецов	Поллукс	K	1,1	+28
Альфа Южной Рыбы	Фомальгаут	A	1,2	-30
Альфа Лебедя	Денеб	A	1,2	+45
Бета Южного Креста		B	1,2	-60
Альфа Льва	Регул	B	1,3	+12

Следующими по порядку идут Эпсилон Большого Пса (1,5), Альфа Близнецов (Кастор), Гамма Южного Креста, Ламбда Скорпиона, Гамма Ориона и Бета Тельца (все 1,6).

НАЗВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗВЕЗД

Очень немногие звезды ниже первой величины имеют общеупотребительные названия, но некоторые встречаются достаточно часто, и их стоит перечислить здесь.

Альфа Андромеды	Альферац
Эпсилон Волопаса	Ицар
Альфа Гончих Псов	Cor Caroli (Сердце Карла II)
Эпсилон Большого Пса	Адара
Альфа Кассиопеи	Шедир
Бета Кита	Дифда
Омикрон Кита	Мира
Альфа Северной Короны	Альпекка
Бета Лебедя	Альбирео
Альфа Дракона	Тубан
Тета Эридана	Акамар
Альфа Близнецов	Кастор
Гамма Близнецов	Альхена
Альфа Геркулеса	Расалгети
Альфа Гидры	Альфард
Бета Льва	Денебола
Гамма Льва	Альгейба
Альфа Змееносца	Расалхаг
Гамма Ориона	Беллатрикс
Дельта Ориона	Минтака
Эпсилон Ориона	Аль-Нилам
Дзета Ориона	Аль-Нитак
Каппа Ориона	Саиф
Бета Пегаса	Шит
Альфа Персея	Мирфак
Бета Персея	Алголь
Ламбда Скорпиона	Шаула
Ипсилон Скорпиона	Лесат

Бета Тельца	Аль-Нат
Эта Тельца	Альциона
Альфа Большой Медведицы	Дубхе
Бета Большой Медведицы	Мерак
Гамма Большой Медведицы	Фад (Фекда)
Дельта Большой Медведицы	Мегрец
Эпсилон Большой Медведицы	Алиот
Дзета Большой Медведицы	Мицар
Эта Большой Медведицы	Алькаид
80 Большой Медведицы	Алькор
Альфа Малой Медведицы	Полярная
Бета Малой Медведицы	Кохаб

СЛОВАРЬ

Абсолютная звездная величина. Видимый блеск звезды при наблюдении со стандартного расстояния в 10 парсеков, или 32,6 световых года.

Азимут. Ориентировка на небесный объект, от севера (0 градусов), через восток, юг и запад.

Альbedo. Отражательная способность планеты или любого другого небесного тела. К примеру, среднее альbedo Луны составляет 7% — то есть она отражает семь процентов падающего на нее солнечного света.

Апогей. Наиболее удаленная от Земли точка орбиты Луны. Термин также используется по отношению к любому другому телу, вращающемуся по орбите вокруг Земли — например, к искусственным спутникам.

Астрономическая единица. Среднее расстояние от Земли до Солнца. Одна астрономическая единица равна 92 976 000 миль, или 149 598 500 километров.

Астрономическое покрытие. Затмение одного небесного тела другим.

Афелий. Наиболее удаленная от Солнца точка орбиты планеты или другого небесного тела.

Барицентр. Центр масс системы Луна — Земля. Поскольку Земля в 81 раз массивнее Луны, барицентр находится глубоко внутри земного шара.

Белый карлик. Очень маленькая и плотная звезда на одной из последних стадий эволюции.

Большой круг. Круг на поверхности сферы, плоскость которого проходит через центр этой сферы.

Видимая звездная величина. Видимый блеск небесного тела. Чем меньше звездная величина, тем ярче кажется наблюдаемый объект. Рассчитывается по логарифмической шкале.

Внешние планеты. Планеты, орбиты которых расположены дальше от Солнца, чем орбита Земли.

Внутренние планеты. Меркурий и Венера, которые расположены ближе к Солнцу, чем Земля.

Вспышки солнечные. Мощные энергетические выбросы над поверхностью Солнца.

Галактики. Стабильные звездные системы, содержащие не менее миллиарда звезд.

Галактики Сейферта. Галактики со сравнительно небольшим ярким ядром и слабо выраженными спиральными рукавами. Большинство из них является мощными источниками радиоизлучения.

Гамма-лучи. Излучения в ультракоротком (рентгеновском) диапазоне спектра электромагнитных волн.

Главный меридиан. Меридиан на земной поверхности, который проходит через Гринвичскую обсерваторию и соответствует 0° долготы.

Главная последовательность. Полоса на диаграмме «спектр — светимость», идущая от левого верхнего угла к правому нижнему углу. Подавляющее

большинство звезд находится на стадии Главной последовательности.

Двойная звезда. Звездная система, состоящая из двух (или более) компонентов, физически связанных между собой.

Диаграмма «спектр — светимость». Диаграмма, на которой звезды размещены в соответствии с их спектральными классами и светимостью.

Звездное время. Местное время, рассчитываемое по вращению небесной сферы. Когда точка весеннего равноденствия пересекает меридиан наблюдателя, звездное время составляет 0 часов.

Звездный день. Интервал между двумя последовательными кульминациями одной и той же звезды: 23 часа 56 минут 4,091 секунды.

Земное сияние. Слабое свечение на темной стороне Луны, возникающее из-за света, отраженного от поверхности Земли.

Зенит. Точка, расположенная над головой наблюдателя.

Зодиак. Пояс небосвода, отстоящий на 8° по обе стороны от эклиптики, где всегда можно найти Солнце, Луну и главные планеты.

Зодиакальный свет. Световой конус, простирающийся вверх от горизонта и распространяющийся по плоскости эклиптики. Возникает из-за освещения солнечными лучами тонкого слоя вещества, рассеянного в главной плоскости Солнечной системы.

Зоны Ван-Аллена. Зоны заряженных частиц, окружающие Землю.

Инфракрасное излучение. Электромагнитное излучение, длина волны которого больше, чем у видимого света, но меньше, чем у радиоволн.

Кальдера. Большой вулканический кратер.

Квадратура. Положение Луны, планеты или любого другого небесного тела под прямым углом к Солнцу при наблюдении с Земли.

Квazar. Очень отдаленный, необычайно яркий объект; ядро активной молодой Галактики.

Килопарсек. Тысяча парсеков, или 3260 световых лет.

Колюры. Большие круги на небесной сфере (см. *Большой круг*).

Корона. Внешняя часть солнечной атмосферы.

Космические лучи. Высокоскоростные атомарные частицы, постоянно бомбардирующие Землю из Космоса.

Кульминация. Максимальная высота небесного тела над горизонтом.

Либрация. Кажущееся «покачивание» лунного диска при наблюдении с Земли.

Локальная группа. Группа галактик, к которой принадлежит наша Галактика.

Лунное затмение. Прохождение Луны через тень, отбрасываемую Землей. Лунные затмения могут быть полными, частичными или полутеневыми.

Лунный цикл. Интервал между двумя новолуниями: 29 дней 12 часов 44 минуты.

Магнитосфера. Область магнитного поля вокруг небесного тела.

Малые планеты (или астероиды). Небольшие небесные объекты, значительно уступающие по разме-

ру главным спутникам планет Солнечной системы. Большой частью сосредоточены в поясе астероидов между орбитами Марса и Юпитера.

Мегапарсек. Один миллион парсеков.

Метеор. Обломок кометного вещества; небольшая частица, сгорающая в верхних слоях земной атмосферы.

Метеорит. Любое небесное тело, упавшее на Землю. Метеориты прилетают из пояса астероидов и не имеют отношения к кометам и метеорам.

Микрон (μ). Одна тысячная часть миллиметра.

Наклон плоскости эклиптики. Угол между эклиптической и небесным экватором: $23^{\circ}26'45''$

Небесная сфера. Воображаемая сфера, окружающая Землю, центр которой совпадает с центром земного шара.

Небесные полюса. Северная и южная точки небесной сферы.

Небесный меридиан. Большой круг на небесной сфере, который проходит через зенит и оба небесных полюса.

Небесный экватор. Проекция земного экватора на небесную сферу: склонение 0° .

Нейтрино. Элементарная частица, не имеющая электрического заряда и массы (или имеющая ничтожно малую массу).

Нейтрон. Элементарная частица, не имеющая электрического заряда, масса которой равна массе протона.

Нейтронная звезда. Ядро взорвавшейся сверхновой звезды, состоящее из нейтронов.

Новая звезда. Временно вспыхнувшая, ранее тусклая звезда. Все новые звезды являются двойными системами.

Ньютоновский рефлектор. Телескоп-рефлектор, в котором свет собирается вогнутым зеркалом и направляется в окуляр через вторичное плоское зеркало, наклоненное под углом 45° .

Окуляр. Линза или несколько линз в конце телескопа, обращенном к наблюдателю. Обеспечивает фактическое увеличение изображения.

Орбита. Траектория движения небесного тела.

Параллакс (тригонометрический). Видимый сдвиг объекта по отношению к фону при наблюдении с двух разных точек.

Парсек. Расстояние, при котором параллакс звезды будет составлять одну секунду дуги: 3,26 светового года. Ни одна звезда, кроме Солнца, не расположена так близко.

Переменные звезды. Звезды, изменяющие свой блеск за сравнительно короткие периоды времени.

Перигей. Ближайшая к Земле точка орбиты Луны. Термин также используется по отношению к любому другому телу, вращающемуся по орбите вокруг Земли,— например, к искусственным спутникам.

Перигелий. Ближайшая к Солнцу точка орбиты планеты или другого небесного тела.

Планетарная туманность. Маленькая плотная горячая звезда, окруженная газовой оболочкой. Не является планетой или настоящей туманностью.

Полутень. 1. Область частичной тени по обе стороны от основного конуса тени, отбрасываемой Землей. 2. Более светлая часть солнечного пятна.

Прецессия. Медленное смещение небесных полюсов, обусловленное изменяющимся направлением оси вращения Земли.

Противосияние. Слабое сияние области небосвода, противоположной по отношению к Солнцу. Вызвано освещением межпланетного вещества, рассеянного по главной плоскости Солнечной системы.

Противостояние. Положение, при котором планета находится в противоположном от Солнца конце небосвода.

Протон. Элементарная частица, несущая положительный электрический заряд.

Протуберанцы. Массы светящегося газообразного водорода, поднимающиеся с яркой поверхности Солнца.

Прямое восхождение. Угловое расстояние небесного тела от точки весеннего равноденствия, измеряемое в восточном направлении. Обычно дается в единицах времени, как интервал между кульминацией точки весеннего равноденствия и кульминацией объекта.

Пульсар. Быстро вращающаяся нейтронная звезда, мощный источник радиоизлучения.

Равноденствия. Точки пересечения эклиптики с небесным экватором. Весеннее равноденствие (первая точка Овна) теперь находится в созвездии Рыб, а осеннее равноденствие (первая точка Весов) — в созвездии Девы. Солнце проходит через точку весеннего равноденствия в конце марта, а через точку осеннего равноденствия в конце сентября.

Радиальная скорость. Скорость приближения или удаления небесного тела по отношению к наблюдателю.

Радиальный вектор. Прямая линия между фиксированной и движущейся точкой.

Радиянт. Точка небосвода; видимый источник расхождения метеорного роя.

Ретроградное (возвратное) движение. Орбитальное или осевое вращение, противоположное орбитальному или осевому вращению Земли.

Рефлектор. Главное зеркало в зеркальном телескопе.

Рефлектор Грегори. Устаревшая разновидность телескопа-рефлектора с вогнутым вторичным зеркалом. Свет проходит в окуляр через отверстие в центре главного зеркала.

Рефлектор Кассегрена. Телескоп-рефлектор с выпуклым вторичным зеркалом. Свет проходит в окуляр через отверстие в центре главного зеркала.

Сверхновая. Колоссальная звездная вспышка, сопровождаемая (I) уничтожением белого карлика, компонента двойной системы, либо (II) коллапсом очень массивной звезды. Вспышка сверхновой II типа обычно приводит к образованию нейтронной звезды, излучающей радиоволны (см. Пульсар).

Световой год. Расстояние, преодолеваемое светом за один год: 5,880 миллионов миллионов миль, или 9,4607 миллионов миллионов километров.

Сидерический (или звездный) период. Период обращения планеты или другого небесного тела вокруг Солнца либо спутника вокруг планеты.

Сизигий. Положение Луны на ее орбите во время новолуния и полнолуния.

Синодический период. Период между двумя противостояниями внешней планеты.

Склонение. Угловое расстояние небесного тела к северу или к югу от небесного экватора.

Скорость убегания. Минимальная скорость, необходимая для того, чтобы предмет мог преодолеть силу тяготения планеты или другого небесного тела без дополнительного ускорения. Скорость убегания на поверхности Земли составляет 7 миль в секунду.

Соединение (астрономическое). 1. Тесное сближение двух небесных тел на небосводе. 2. Для внутренних планет нижнее соединение происходит, когда планета проходит примерно между Землей и Солнцем, а верхнее соединение — когда она находится на противоположной стороне от Солнца. Планеты за пределами земной орбиты могут достигать лишь точки верхнего астрономического соединения.

Солнечное затмение. Астрономическое соединение Солнца и Луны. Солнечное затмение может быть полным, частичным или кольцевым (кольцевое затмение происходит, когда Луна находится в дальней части своей орбиты, поэтому ее диск кажется меньше солнечного).

Солнечный ветер. Поток частиц, постоянно излучаемых Солнцем.

Солнечный день. Средний интервал между последовательными кульминациями Солнца. Он длится дольше, чем звездный день, из-за смещения Солнца в восточном направлении. Средняя продолжительность составляет 24 часа 3 минуты 56,555 секунды.

Солнцестояния. Периоды, когда Солнце находится в точке максимального склонения, $23,5^\circ$ к северу или к югу.

Спектрально-двойная звезда. Двойная система, компоненты которой расположены очень близко друг к другу и неразличимы в оптические приборы, но их можно установить по доплеровскому смещению в видимой части спектра.

Тектиты. Маленькие стеклянистые объекты обтекаемой формы, обнаруженные в зонах предполагаемого падения метеоритов. Возможно, имеют земное происхождение.

Телескоп Максудова. Телескоп, в конструкции которого используются как линзы, так и зеркала.

Телескоп Шмидта. Инструмент, собирающий свет посредством сферического зеркала; на вершине цилиндра устанавливается корректирующая пластина.

Терминатор. Граница между дневной и ночной сторонами Луны или планеты.

Туманность. Космическое газопылевое облако.

Узловые точки. Точки пересечения орбиты Луны, планеты или кометы с плоскостью эклиптики.

Факелы. Яркие пятна на поверхности Солнца.

Фотон. Мельчайшая «единица» света, обладающая свойствами как волны, так и частицы.

Фотосфера. Яркая видимая поверхность Солнца.

Хромосфера. Часть солнечной атмосферы, которая находится над яркой видимой поверхностью, или фотосферой. Темные линии Фраунгофера в солнечном спектре обусловлены хромосферой.

Цефеида. Переменная звезда с коротким и строго периодичным изменением блеска.

Циркумполярная (незаходящая) звезда. Звезда, которая никогда не заходит за горизонт на данной широте наблюдения.

Цюрихское число. Мера измерения активности солнечных пятен. Рассчитывается по формуле $Z = k(10g + f)$, где Z — цюрихское число, g — число

видимых групп пятен, f — число отдельных пятен, а k — константа, зависящая от оборудования наблюдателя; обычно она близка к единице. Цюрихские числа еще известны под названием «числа Вольфа», поскольку система была изобретена Р. Вольфом из Цюриха в 1852 году.

Часовой круг. Большой круг на небесной сфере, проходящий через оба небесных полюса.

Часовой угол. Время, прошедшее после кульминации небесного тела.

Черная дыра. Область вокруг очень маленькой сверхмассивной звезды, подвергшейся гравитационному коллапсу. Скорость убегания в области черной дыры так велика, что даже свет не может вырваться наружу.

Экваториальная установка телескопа. Вид опоры, когда телескоп устанавливается на полярной оси, параллельной оси вращения Земли.

Эклиптика. Ежегодный путь Солнца среди звезд — то есть проекция земной орбиты на небесную сферу.

Эффект Доплера. Кажущееся изменение длины волны источника света из-за его движения относительно наблюдателя.

Юлианский период. Непрерывный счет дней с 1 января 4713 г. до н. э. В астрономии используется для легкого определения числа суток, прошедших между двумя любыми заданными датами.

Издательская группа «ГРАНД-ФАИР»
приглашает к сотрудничеству авторов
и книготорговые организации

Телефоны:

(095) 721-38-56
(многоканальный)
(095) 170-93-67

Факс:

(095) 170-96-45

Почтовый адрес:

109428, Москва, ул. Зарайская, д. 47, корп. 2

e-mail: office@grand-fair.ru

Интернет: <http://www.grand-fair.ru>

Серия " Грандиозный мир "

Патрик Мур

АСТРОНОМИЯ С ПАТРИКОМ МУРОМ

Технический редактор Л. Глубокова
Корректор Л. Савельева
Дизайн обложки А. Матросова

ЛР 065864 от 30 апреля 1998 г.
Подписано в печать 20.02.2004.
Формат 84 x 108 1/32- Бумага р^сетивя.
Гарнитура «Школьная». Печать офсетная.
Уел. печ. л. 19,32. Тираж 3000 экз.
Заказ 2707.

Издательство «ФАИР-ПРЕСС»
109428, Москва, ул. Зарайская, д. 47, корп. 2

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных диапозитивов
в ОАО «Можайский полиграфический комбинат»
143200, г. Можайск, ул. Мира, 93