

Оглавление

Предисловие	9
Вступление	13

Часть I. Человек во Вселенной

1. Первые представления	19
2. Дневное и ночное небо	25
3. Космические дали	49

Часть II. Составляющие космоса

4. Знакомство с Солнечной системой	89
5. Звезда по имени Солнце	105
6. Звезды и планеты вне владений Солнца	116
7. Галактика Млечный Путь	138
8. «Бродячий цирк» галактик и их космическая экспансия	162

Часть III. Наш миг во времени

9. Большой взрыв	183
10. Возникновение галактик	198
11. Рождение звезд и планет	206
12. Циклы жизни и гибели звезд	215
13. Загадки материи и энергии	223
14. Наше космическое достояние	246
Рекомендуемая литература и ресурсы	253

Предисловие

Я начал писать эту книгу, устроившись высоко над землей, в уютной операторской четырехметрового телескопа, названного в честь Николаса Ульриха Мейола, — а если быть еще немного точнее, то стоит сказать, что телескоп этот располагался в Южной Аризоне, на вершине Национальной обсерватории Китт-Пик. Подразумевалось, что я проведу там научные наблюдения, но несколько ночей подряд шли дожди, затем все окутал тяжелый туман, а под конец разразилась свирепая буря, поэтому исследования мои больше касались земли, а не неба. К счастью, эту ночную стражу я нес не один, а вместе с давней знакомой по студенческой скамье и подающей надежды аспиранткой. Последняя уже успела доказать свое превосходство в компьютерной науке, оставив нас, маститых астрономов, совершенно не у дел. И пока мы в спешке составляли план наблюдений, рассказывали друг другу свои самые интересные истории и делились видеороликами, я чувствовал, как нас поддерживает дух многих бесстрашных первопроходцев, проторивших нам путь.

За четыре столетия до моих злополучных исследований итальянский математик Галилео Галилей первым применил оптические телескопы для изучения астрономии. Он сам создавал подзорные трубы, постигая с их помощью небо, и послед-

ствия этого были невероятны. Лунные горы и солнечные пятна; Венера, менявшая фазы и видимый размер; крошечные луны, что обращались вокруг Юпитера; Млечный Путь, распавшийся на мириады звезд, — все эти чудеса открылись ему, и его наблюдения окончательно перевернули наше прикованное к Земле представление о Вселенной.

Примерно в то же время немецкий математик, астроном и астролог Иоганн Кеплер размышлял над результатами точнейших наблюдений за положением и движением планет, когда-либо сделанных невооруженным глазом. На основе гелиоцентрической системы мира, предложенной Николаем Коперником, Кеплер разработал математическую модель, согласно которой шесть известных тогда планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн) вращались по круговым орбитам вокруг Солнца. Он полагал, что в основе расстояний, разделивших орбиты, лежали математические соотношения: планеты вращались на хрустальных сферах, а каждая из сфер соприкасалась с правильными многогранниками, один из которых был в нее вписан, а другой — очерчен вокруг, и благодаря этому контакту — как представлял себе Кеплер — рождалась божественная музыка. К сожалению, идее о «музыке сфер» противоречил Марс — он никак не хотел вписываться в схему, и Кеплер не мог закрыть на это глаза, ведь он сам проводил подробнейший анализ перемещений «красной планеты»! В конце концов астроном отказался от своей изящной модели, допустил, что Марс, двигаясь по слегка эллиптической траектории, ускоряется по мере приближения к Солнцу и замедляется при удалении от него, — и в итоге вывел три закона движения планет, впоследствии обоснованные Исааком Ньютоном исходя из понятия всемирного тяготения. Это квинтэссенция того, как истины, постигаемые тяжелым трудом, рождаются в горниле тщательных наблюдений, творческого анализа и должного усердия.

Самоотверженность и гениальность Галилея, Кеплера, Ньютона, Гершеля, Пейн-Гапошкиной, Шепли, Хаббла и многих других астрономов подарили нам возможность созерцать поистине

дивную Вселенную — непредставимо безграничную, изобильную и способную к преобразению. Безусловно, история не стоит на месте, и новые открытия совершаются с головокружительной быстротой. Работая над книгой, я не пытался написать обновленный компендиум, охватывающий все, что познано нами, — я хотел создать путеводитель для начинающих и рассказать обо всем, что есть в нашей Вселенной, а также о том, как она устроена, как появилась на свет и как продолжает развиваться. А это означало, что мне придется умолчать о многих темах, достойных внимания, — ради того, чтобы книга получилась цельной и связной. Иногда я приводил и свои размышления, которые, возможно, внесут нотку человеческого участия в повествование о необъятных космических просторах. И если порой мои рассуждения покажутся немного хвастливыми, то так тому и быть: такие уж мы, астрономы.

Поделиться своими мыслями мне помогли великодушные и чуткая поддержка огромного числа моих коллег, друзей и родственников. Особенно я признателен ученым, профессорско-преподавательскому составу, служебному персоналу и студентам Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики, Вашингтонского и Массачусетского университетов, университета Тафтса и государственных школ Рокпорта, которые на протяжении десятилетий помогали мне находить верный путь в изучении и преподавании астрономической науки. Многие мои коллеги из той «вселенной», которую представляет собой отдел *NASA*, проводящий информационную работу с общественностью в области космических наук, дали мне шанс преодолеть ту пропасть, которая лежит между формальным образованием и более публичными формами общения, принятыми в современной астрономии. Любители из астрономического клуба Глостера и других подобных организаций поддерживали мой энтузиазм, устраивая веселые встречи и вдохновляющие вечера под звездным небом. Коллеги из других стран напомнили мне, что все восхищаются космосом и каждому стоит воспитать в себе этот восторг. А родственники, и ныне здравствующие, и уже покинувшие этот мир, неизменно одобряли мое

стремление к астрономии и созданию научно-популярных проектов, таких как этот путеводитель для начинающих. Именно их благословения — и, конечно же, непреодолимо влекущие чудеса дневного и ночного неба — сыграли в моем стремлении решающую роль.

*Уильям Уоллер,
Рокпорт, штат Массачусетс*

Вступление

Космос — это все, что когда-либо существовало, все, что существует сейчас, и все, что будет существовать в грядущем. Даже при мимолетной мысли о нем мы приходим в волнение, душу пронзает трепет, голос дрожит, и откуда-то приходит чувство падения с высоты, подобное смутному, далекому отголоску памяти, — так мы осознаем, что стоим в преддверии величайшей из тайн.

Карл Саган. Космос

Сфера астрономии охватывает всю Вселенную и все, что в ней есть. Те, кто стремится ее изучить, в плановом порядке постигают удивительнейшие явления в огромнейших масштабах. Но даже сегодня астрономы-профессионалы — это редчайший род людей. Международный астрономический союз, объединивший астрономов всего мира, насчитывает примерно 11 000 человек. И даже если мы условно удвоим эту цифру, то получим одного астронома на каждые 300 000 человек, живущих на планете, — конечно, это не один на миллион, но, безусловно, близко. Впрочем, сколь бы мизерным ни казалось число специалистов и аспирантов, астрономия — это одна из самых популярных наук, а возможно, и *самая* популярная. Во всем мире сотни миллионов людей интересуются чудесами Вселенной, посещают академические курсы, записыва-

ются в любительские клубы, читают журналы, смотрят шоу в планетариях и телепередачи, заходят на сайты, приобретают книги. И мой путеводитель для новичков призван утолить интерес любознательных читателей и дать им понятное и легкое в изложении руководство, посвященное астрономии и космосу, в котором мы живем.

Сегодня мы сталкиваемся со странным парадоксом. Мы никогда еще не знали так много о Вселенной — и все же мы еще никогда не знали о ней так мало. Мы открыли планеты у других звезд, мы сделали снимки новорожденных галактик на границе пространства и времени, мы с неведомой прежде точностью измерили космические бездны, — и все наши открытия неизменно поражали нас и бросали нам вызов. Каждая планета Солнечной системы обладает своим причудливым характером и совершенно не похожа на другие; Солнце настолько непостоянно, что это внушает тревогу; а наши звездные окрестности в прямом смысле затоплены выбросами от недавних вспышек сверхновых. И более того, настало время, когда нам просто необходимо взглянуть правде в глаза и осмыслить тот факт, что большая часть материи во Вселенной, как ни странно, невидима, — мы называем эту материю темной, — и что всей тканью пространства-времени может управлять некая неосознаваемая действующая сила, которую мы окрестили темной энергией. Эти перспективы настолько ошеломляют, что всех нас — космологов-теоретиков, астрофизиков-наблюдателей, разработчиков программ, водителей такси, работников поддержки и теологов — объединило желание представить и познать ту Вселенную, которая нас окружает.

Главная цель этого путеводителя — позволить читателям яснее почувствовать и осознать то место, которое мы занимаем в космосе. В первой части мы взглянем на небо невооруженным глазом, а во второй углубимся в предмет и познакомимся с необычайно прекрасной иерархией, в которой перед нами предстанут планеты нашей Солнечной системы, Солнце как одна из многих звезд Млечного Пути, сам Млечный Путь как основной игрок в Местной группе галактик — и Местная группа как маленькая пылинка

на бескрайнем галактическом небосводе. По пути мы поговорим о таинственных формах материи и энергии, которые, по большей части, и сейчас ускользают от самых пристальных исследований. Кстати, благодаря этому мы гораздо лучше поймем, как проходит процесс научных изысканий, неизменно ведущий нас вперед, несмотря на всю напряженную полемику и споры, без которых он не обходится.

Когда же мы подготовим космическую сцену и опишем всех чудесных актеров, третья часть книги расскажет нам величественную историю бытия и становления. И может быть, читатели, пускай и опосредованно, сумеют ощутить, какие удивительные преобразования происходили около 14 млрд лет назад, после Большого взрыва. Эти метаморфозы — от рождения галактик из раскаленного хаоса до формирования в них звезд и планетных систем и появления жизни на одной особенно влажной планете — очертят границы космоса, унаследованного нами, и соединят нас со всем, что когда-либо возникало в бытии. И, конечно же, мы будем неустанно обращаться к научным проблемам и загадкам, поскольку история Вселенной далека от завершения.

А в последней главе я приглашу читателей задуматься о нашей космической судьбе и о том наследии, которое мы оставим. Что ждет нас всех или тех, кто вытеснит нас с этой драгоценной планеты? Высока ли вероятность того, что за пределами Земли мы встретим других разумных существ? И как нам вести себя теперь, когда мы стали гражданами Млечного Пути?

ЧАСТЬ I

**ЧЕЛОВЕК
ВО ВСЕЛЕННОЙ**

Первые представления

Самый прекрасный опыт, доступный нам, — это чувство тайны. Именно из него проистекают истинное искусство и наука.

Альберт Эйнштейн. Во что я верю

Небо влекло людей непрерывно — это заметно уже в первых неизгладимых отпечатках, оставленных на камнях нашими далекими предками. Австралийские аборигены и сейчас создают наскальные рисунки с небесной тематикой, причем начали они это делать, как полагают ученые, еще 15 000 лет тому назад. А примерно в 2500 году до нашей эры представители неолитической культуры возвели на Британских островах знаменитую каменную постройку — мегалитический памятник Стоунхендж. Расположение гигантских вертикальных глыб и лежащих на них камней-перемычек, а также круг из пятидесяти шести ям позволили некоторым археоастрономам предположить, что Стоунхендж помогал древним народам, населявшим эти края, отслеживать дни зимнего и летнего солнцестояний и предсказывать солнечные затмения.

Древние египтяне с особенным усердием отображали на камне, дереве и папирусе все, что считали важным. И во многих рисунках, дошедших до нас от их эпохи, видное место занимал бог солнца Ра. С 3000 года до нашей эры, когда начала развиваться иероглифическая письменность, избранные писцы составляли подробнейшие истории о солнечном боге и о том, как он пове-

леват всей земной жизнью, пока продолжается день. Однако и дневное, и ночное небо были владениями богини Нут. Ее изображали в облике женщины, которая, подобно куполу, накрывала землю, олицетворяемую другим богом, Гебом, а в теле богини — проходя по нему, как по небесному своду, — хранились, словно в сосуде, Солнце, Луна, планеты и звезды (рис. 1.1).

Вдали от уличных фонарей и других источников искусственного света мы все еще можем увидеть ночное небо, знакомое и народам неолитических Британских островов, и жителям Древнего Египта, Междуречья, Китая и Мезоамерики, и представителям других древних культур. На нем великое множество звезд, и создается впечатление, что одни соединяются в несовершенный узор, а другие — в тесные группы. В ясные безлунные ночи, если нет светового загрязнения, можно без помощи оптических устройств в любой момент увидеть примерно 4000 звезд.

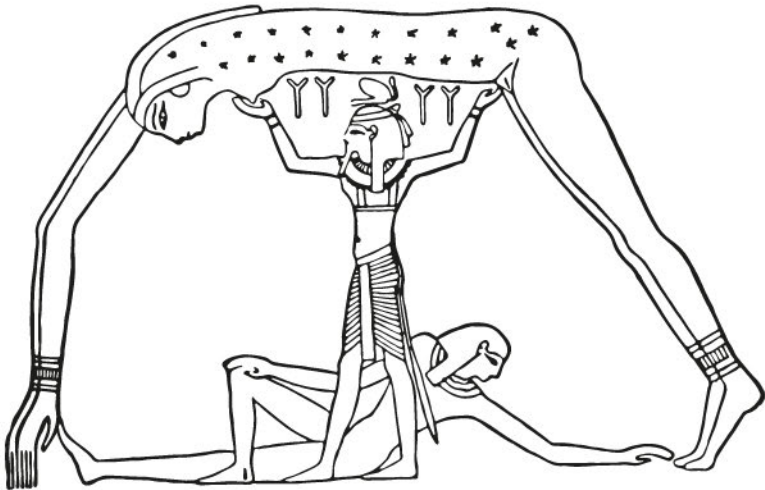


Рис. 1.1. Древнеегипетская богиня неба Нут, словно купол, накрывает собой Геба, бога земли, и Шу, бога воздуха и солнечного света. Ок. 2000 г. до н.э. (На основе материалов из нескольких источников, со ссылкой на: *The Great Goddesses of Egypt*, B.S. Lesko [Издательство Университета Оклахомы, 1999].)

«Звездный купол», унаследованный нами, во многом подобен плавильному котлу, соединившему множество самых разнообразных культурных влияний. Скажем, привычные нам названия ярких звезд происходят от греческих корней (Арктур, Сириус, Вега) или напоминают о Риме и латыни (Капелла, Спика), а некоторые, скажем Бетельгейзе и Денеб, — это измененные версии арабских наименований. Признанные узоры созвездий, как правило, восходят к тем, что были приняты у греков, а в именах, присвоенных их звездам, слышны и греческие, и латинские, и арабские голоса. Хорошим примером станет Орион. Очертания этого созвездия определили греки, но в нем много звезд с арабскими названиями, в том числе красная Бетельгейзе (изначально ее имя не совсем верно транслитерировали с арабского как «Бейт аль-Джауза» — «подмышка близнеца» [так арабы называли Ориона]), три голубые звезды в поясе Ориона — Альнитак, Альнилам и Минтака, а также яркий бело-голубой Ригель (левая нога Ориона).

Безусловно, у этих этимологических смешений есть исторические основания. Первые записи о созвездиях появились в Месопотамии в начале II тысячелетия до нашей эры. Примерно в 350 году до нашей эры древнегреческий философ Евдокс отметил сорок восемь созвездий, а около 129 года до нашей эры древнегреческий астроном Гиппарх аккуратно перечислил их в своем каталоге, указав и относительную яркость звезд. В 128 году уже нашей эры египетский астроном Клавдий Птолемей (90–168 гг. н.э.) — римский гражданин, писавший на греческом, — на основе этой системы составил подробный каталог из 1022 звезд, приведенный в его знаменитом трактате «Альмагест». В период, продлившийся с XI века по XVII столетие, астрономы арабского мира и Центральной Азии — в том числе Ахмад аль-Фергани и Абу Рейхан аль-Бируни — внесли свой вклад в астрономию: они исправили ошибки Птолемея, отметили цвета звезд и их вариации, очертили границы созвездий и впервые описали туманные объекты, доступные для наблюдения невооруженным глазом, — те самые, которые, как нам сейчас известно, представляют собой гигантские газопылевые облака.

СРЕДНЕВЕКОВЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ НА БЛИЖНЕМ ВОСТОКЕ

Астрономы Ближнего Востока, жившие до эпохи Николая Коперника, вели наблюдения в больших обсерваториях, построенных в XIII веке в Мараге (современный Иран) и примерно полтора столетия спустя в Самарканде (современный Узбекистан). Телескопов там, конечно же, не было — их еще не было нигде. Но и без них астрономы сумели сделать очень многое и, помимо прочего, составили каталог небесных тел, который оставался одним из самых полных со времен Птолемея до европейского Возрождения и указывал положения 992 звезд.

Современная система созвездий, принятая на Западе, обрела облик благодаря «Уранометрии» («Измерению небесного свода») — атласу звездного неба Иоганна Байера, изданному в 1603 году. В нем на карту впервые были нанесены созвездия и северного, и южного небесных полушарий. А в 1763 году вышел «Каталог звезд южного неба» Никола Луи де Лакайля, где появились созвездия, уже не связанные с мифологией: Печь, Насос, Часы и Микроскоп. Протяженность этих разнообразных созвездий, а порой и их частичное совпадение приводили к серьезной путанице, пока в 1922 году Международный астрономический союз не утвердил окончательный список из восьмидесяти восьми «официальных» созвездий со смежными границами (рис. 1.2).

Впрочем, помимо западной системы, были и другие досконально продуманные картины неба. Китайцы за ту же тысячу лет создали совершенно независимую систему созвездий и наименований звезд. И хотя Запад ее так и не принял, она настолько точно описывала положения светил, что ее применяли астрономы и археоастрономы всего мира, желавшие определить, где в давние эпохи вспыхивали сверхновые, пролегли пути комет и случались иные мимолетные небесные явления. Одна из моих любимых картин ночного неба, возникших за минувшее тысячелетие, пришла от коренных американцев. Если сравнить их созвездия с теми, что

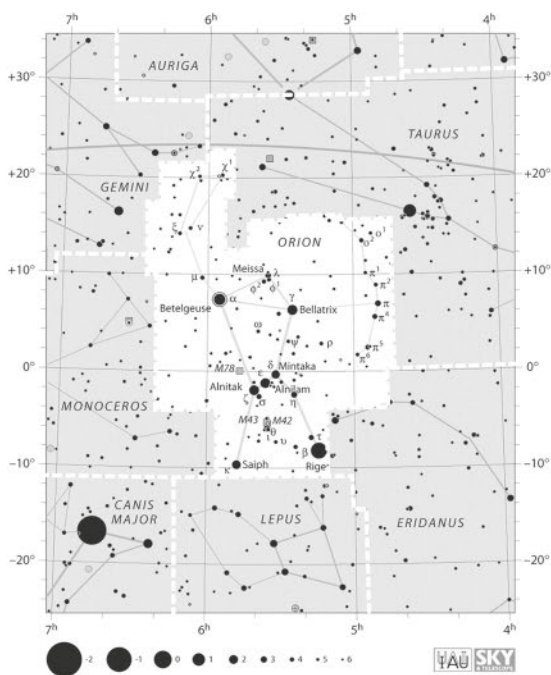


Рис. 1.2. Сравнение образной звездной карты из *Atlas Coelestis* («Атласа звездного неба») Джона Флемстида 1776 года, на которой показаны созвездия Ориона и Тельца, и современной интерпретации той же области неба с очерченными границами созвездий. (Вверху: изображение любезно предоставлено *Wikimedia Commons*. Внизу: материалы любезно предоставлены *constellationguide.com* и *Sky & Telescope*.)

приняты на Западе, мы выявим ряд поразительных сходств и удивительных различий. Например, их версия Большой Медведицы известна как «Три охотника и медведь». «Песьи звезды» Сириус и Антарес обозначены так же у индейцев чероки. А Плеяды и Гиады, звездные скопления, расположенные вдали друг от друга в созвездии Тельца, у племени западных моно были известны как «Шесть жен, наевшиеся лука» и — на безопасном расстоянии — «Их мужья».

Картины дневного и ночного неба меняются и сейчас, по мере того как мы внедряем передовые технологии наблюдения и открываем новые небесные феномены. И точно так же развиваются модели строения Вселенной. Ее иерархическую структуру, принятую в наше время, мы рассмотрим в третьей главе, а разговор о том, как эта структура появилась, отложим до третьей части, в которой совершим необыкновенное путешествие от Большого взрыва к возникновению галактик, звезд, планет и жизни. Но сначала посмотрим, что видно с поверхности нашей родной планеты и как нам во всем этом разобраться. Обычно это занятие называют «астрономией, постигаемой невооруженным глазом».

2

Дневное и ночное небо

Самое непостижимое во Вселенной — это то, что она вообще постижима.

Альберт Эйнштейн. Мир, каким я его вижу

Если бы мы сумели беспечно воспарить над Землей и улететь в межпланетное пространство, то увидели бы одну и ту же космическую картину: с небесной сферы на нас, и сверху, и снизу, изливался бы, подобно покрову, блистающий звездный свет. Но, к сожалению, в ближайшее время это вряд ли случится, и поэтому нам приходится считаться с тем, что все мы живем на сферической планете, которая каждые 23,93 часа совершает полный оборот вокруг своей оси, а каждые 365,26 суток — вокруг Солнца.

Взгляд с Земли

Поскольку мы «прикованы» к земной поверхности, нашему взгляду в любой момент доступна лишь половина небесной сферы, а вид Земли ограничен линией горизонта, заглянуть ниже которой нельзя. Будь Земля не сферической, а плоской, наш видимый горизонт простирался бы до ее внешнего края, а корабль, удаляющийся от нас, был бы виден всегда, — только пришлось бы следить за судном, которое становилось бы все меньше и меньше, в достаточно сильный бинокль. Но, как известно, корабли, отходящие от причала, уходят за горизонт

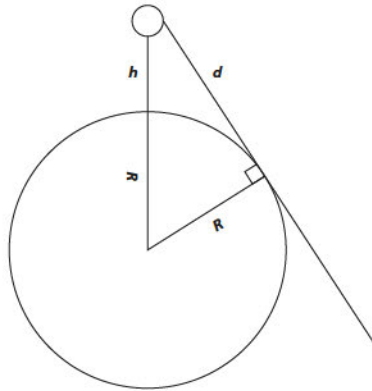


Рис. 2.1. Вид с поверхности Земли, как показано на этой схеме, зависит от высоты, на которой находится наблюдатель (h), и от радиуса Земли (R). Чем больше высота, тем дальше линия горизонта (d).

неизменно, а Британские острова с побережья Новой Англии не рассмотреть (рис. 2.1).

Даже с Международной космической станции невозможно увидеть всю половину Земли одновременно. Астронавты МКС, пребывая на орбите над нами на средней высоте в 340 км, видят изогнутый горизонт, отдаленный от них на 2110 км. Это примерно треть земного радиуса и двадцатая часть окружности земного шара. Чтобы кривизна стала гораздо более выраженной, потребуется переместиться намного дальше; скажем, при взгляде с Луны облик Земли кажется нам почти идеальной полусферой. Вот почему снимки нашей планеты, сделанные экипажем «Аполлона», вызвали в обществе преобразующий эффект такой огромной силы, — ведь впервые в истории человечества Землю можно было увидеть во всей полноте, и она предстала перед нами, словно драгоценная голубая сфера, окутанная непроглядным космическим мраком.

Важность географической широты

Кривизна земной поверхности не только ограничивает наш обзор — из-за нее различаются даже предстающие перед нами картины дневного и ночного неба. В зависимости от того,