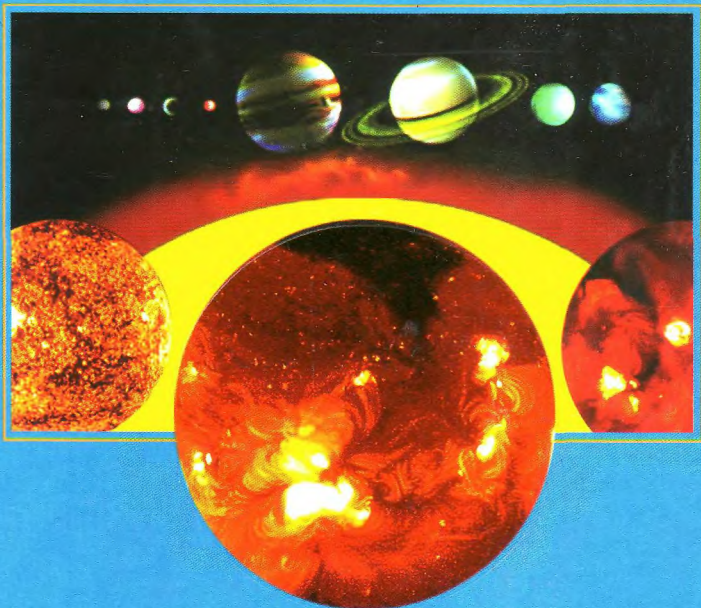


Айзек Азимов

ЦАРСТВО СОЛНЦА

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА



От Птолемея
до Эйнштейна



Ц Е Н Т Р П О Л И Г



Isaac Asimov

THE KINGDOM OF THE SUN

Айзек Азимов

ЦАРСТВО СОЛНЦА

От Птолемея до Эйнштейна



Москва
ЦЕНТРОЛИГРАФ
2004

УДК 820
ББК 84(7Сое)
А35

Охраняется Законом РФ об авторском праве.
Воспроизведение всей книги или любой ее части
воспрещается без письменного разрешения издателя.
Любые попытки нарушения закона
будут преследоваться в судебном порядке.

Оформление художника И.А. Озерова

Азимов Айзек

А35 Царство Солнца. От Птолемея до Эйнштейна / Пер. с англ. Т.Л. Черезовой. — М.: ЗАО Центрполиграф, 2004. — 220 с.

ISBN 5-9524-0813-3

Книга повествует об истории представления человечества об устройстве Солнечной системы и Вселенной на протяжении тысяч лет. Вы узнаете о великих ученых древности и современных научных открытиях, о самых неожиданных гипотезах и о том, какие перспективы открываются нам в будущем с развитием научно-технического прогресса.

УДК 820
ББК 84(7Сое)

ISBN 5-9524-0813-3

- © Перевод, ЗАО «Центрполиграф», 2004
- © Художественное оформление, ЗАО Центрполиграф», 2004

ЦАРСТВО СОЛНЦА

От Птолемея до Эйнштейна

Глава 1

НАЧАЛО В ВАВИЛОНЕ

В наше время ракет и спутников всем известно, что Земля — это планета. Мы знаем, что она вращается вокруг Солнца вместе с другими восемью крупными планетами и многими тысячами объектов поменьше.

Но как мы все это узнали? Если мы будем смотреть на Вселенную вокруг нас, то увиденное нами будет совсем не таким, как нам рассказывают. Движение Земли незаметно: она кажется неподвижной. Солнце — это светящееся пятно огня, которое выглядит совсем небольшим, намного меньше того огромного мира, где мы живем. Планеты — это просто светящиеся точки на ночном небе, и они находятся в компании с тысячами других точек, которые мы называем звездами. Кроме того, там есть Луна, которая кажется такой же большой, как Солнце, но которая постоянно меняет свою форму.

И кажется, что все эти объекты постоянно движутся вокруг Земли.

Понадобились тысячи лет, чтобы человечество поняло: нашим глазам верить нельзя, то,

что нам кажется, на самом деле не так. То, как пришли к такому решению, и что случилось потом — очень интересная история, и мне хотелось бы рассказать об этом сейчас.

Начать мой рассказ справедливо с простого взгляда на небо. Именно это сделал древний человек, когда он впервые задумался о небесах, так что с этого рассказ и начинается.

ДВА НЕБА

Для начала давайте представим себе, будто мы смотрим на небо, ничего о нем не зная. Что же мы увидим?

Мы можем увидеть вершины деревьев или крыши зданий, птиц или самолеты. Однако все это принадлежит самой Земле. Еще мы можем увидеть облака. Поначалу они могут показаться частью неба. Однако спустя какое-то время станет очевидным, что облака появляются и исчезают, двигаются и меняют форму самым странным образом. Мы поймем, что они не принадлежат к другим, более постоянным чертам неба. И тогда у нас останется небо само по себе.

Нам видны два неба — дневное и ночное. Днем небо ярко-синее. Оно кажется твердым потолком над миром. И действительно, старинное слово для обозначения неба, слово, используемое в Библии, — «твердь». В европейских языках оно происходит от латинского слова «firmamentum», что означает «твер-

дое основание». Как видите, в древности люди действительно считали, что небо — это твердый потолок.

На этом синем дневном небе находится Солнце — круглый сверкающий огненный шар. Еще одним объектом, который мы можем увидеть на дневных небесах, является Луна, кажущаяся бледной и поблекшей (если она видна вообще).

Солнце постоянно движется по небу. Утром оно встает над горизонтом на востоке. Идут часы — и светило поднимается в небе все выше, пока, примерно в середине дня, не проходит более или менее прямо над головой. Потом оно начинает снова опускаться, к вечеру достигает горизонта на западе и заходит за него.

Солнце должно каким-то образом совершить обратный путь ниже горизонта, где нам его не видно. На следующее утро оно снова восходит на востоке. День за днем оно совершает одно и то же движение. Если бы нам никто ничего не объяснял и мы верили только своим глазам, то мы бы сказали, что Солнце движется вокруг Земли, каждый день совершая полный оборот. Много тысяч лет именно так и думали все цивилизованные люди.

Видимо, именно Солнце и делает небо голубым или ярко-синим. Стоит ему сесть — и небо темнеет, становится темно-синим, потом темно-серым и, наконец, черным. Но хотя оно черное и вся голубизна исчезла, на небе появляются объекты, которые более

чем компенсируют эту потерю — объекты, которые днем затмевались сиянием Солнца.

Во-первых, когда на ночном небе есть Луна, она кажется гораздо ярче, чем днем. Хотя Луна гораздо более тусклая, чем Солнце, зато она демонстрирует нам интересные изменения формы. Иногда она совершенно круглая, потом пару ночей кажется чуть приплюснутой с одной стороны. Порой она становится полукругом, а порой — всего лишь изогнутым месяцем.

Луна, как и Солнце, восходит на востоке и садится на западе и, кажется, совершает оборот вокруг Земли один раз в день.

Луна, как и Солнце, — важный источник света для человека. В современном мире мы не осознаем этого так хорошо, как наши деды. Наши ночи освещены электролампами обычного и дневного света и неоновыми вывесками. По сравнению с ними лунный свет становится тусклым, почти незаметным. Однако если бы вы оказались вдали от искусственного освещения, то заметили бы, как поразительно отличается ночь во время полнолуния от безлунной ночи.

Более того: изменения Луны происходят настолько регулярно, что древние люди могли отсчитывать время по этим изменениям. При этом Луна дает понятие месяца так же, как Солнце — понятие дня.

В древнем обществе, занятом сельским хозяйством, было очень важно следить за ходом времени. Необходимо было вовремя

посеять семена, вовремя собрать урожай и так далее. Религиозные обряды возникли в связи с севом и сбором урожая, и перемены Луны позволяли следить за ними.

По сравнению с важной ролью Солнца и Луны тысячи точек света на ночном небе, которые мы называем звездами, казались неважными.

Эта точка зрения видна в первой главе Библии, где описывается сотворение Земли. Там в 14-м, 15-м и 16-м стихах говорится:

«И сказал Бог: да будут светила на тверди небесной, для отделения дня от ночи и для знамений, и времен, и дней, и годов; и да будут они светильниками на тверди небесной, чтобы светить на землю. И стало так. И создал Бог два светила великие: светило большее, для управления днем, и светило меньшее, для управления ночью, и звезды...»

Как видите, древние евреи понимали важность Солнца и Луны. Они видели в них источники света и мерило времени. А вот на звезды древние евреи обращали мало внимания. Они упоминают об их создании в короткой фразе в самом конце, почти мимоходом: «и звезды».

ВРАЩАЮЩИЕСЯ ЗВЕЗДЫ

Однако звезды очень красивы. Если вы когда-нибудь выходили на улицу ясной безлунной ночью там, где поблизости нет ис-

кусственного освещения, которое затмевает звезды, то знаете, как прекрасен их вид.

Наверное, именно эта красота заставила людей, которым приходилось не спать по ночам, так внимательно наблюдать за звездами. Пастухи, в одиночестве охраняющие свои стада ночами, могли погрузиться в тихую, далекую красоту звезд. Они вполне могли стать первыми звездочетами.

Изучение небес и того, что там происходит, берет начало в Древнем Вавилоне (в стране, которая сейчас носит название Ирак). В этих местах редко идут дожди и мало облаков, так что за звездами можно было наблюдать каждую ночь.

Не вавилонские ли пастухи составили из звезд первые картины? Этого почти невозможно не делать, глядя на небеса. Например, вы сами видели семь звезд, которые составляют ковш Большой Медведицы. Похоже, что они расположены так, что создают очертания старинного ковша или черпака. В другой части неба есть пять ярких звезд, которые похожи на слегка покосившуюся букву «W». Есть звезды, которые создают квадраты, кресты, змеевидные изгибы и так далее.

Но постоянные наблюдатели с хорошим воображением могут составить из звезд весьма сложные картины. И они могли полностью покрыть небо такими картинами, что каждая звезда была их частью, — и сделали это.

Это имеет определенные удобства. Гораздо легче указать звезду, сказав: «Это последняя звезда в ковше Большой Медведицы», вместо того чтобы говорить: «Вон та звезда там, куда я показываю».

Вавилоняне создали группы звездных картин, которые служат некой картой небес. То же сделали китайцы, греки и другие народы. Конечно, каждый народ создавал свой набор образов. Римляне приняли греческие образы и передали их нам.

Например, большой ковш — это часть крупной группы звезд, в которой греки увидели очертания медведя. Поэтому эта группа называется Большой Медведицей, или, используя латинское название (как это часто делается), *Ursa Major*. Другая группа звезд поблизости от нее также представлялась грекам медведем, но меньшего размера. Она называется Малой Медведицей, или *Ursa Minor*.

Эти группы звезд называются созвездиями, или конstellациями, по латинскому слову, означающему «звезды, собранные вместе».

Когда вавилоняне разметили созвездия, им стало ясно, что звезды не движутся относительно друг друга. Ночь за ночью созвездия сохраняли свои формы. Звезды, образовавшие квадрат, всегда образовывали квадрат одинакового размера. Более того, если квадрат находился рядом с другой группой звезд в форме треугольника, эти

группы ночь за ночью оставались на одном и том же расстоянии друг от друга.

Поскольку звезды остаются на месте каждую ночь, год за годом, век за веком, их называли «неподвижными звездами». Они ведут себя так, словно закреплены на небесной тверди.

Конечно, в течение ночи звезды все-таки двигались. Они поднимались в небо на востоке, двигались по небосводу подобно Солнцу и Луне и заходили на западе. Однако они двигались все вместе, словно весь небесный свод вращался вокруг Земли.

И казалось, что небо не только движется целиком, словно оно представляет собой пустотелый вращающийся глобус: на нем имелся центр оси, вокруг которой оно вращалось. Сам центр не двигается. Он расположен в северной части неба примерно на половине расстояния до зенита, каким его видят и из Вавилона, и из Соединенных Штатов.

Неподалеку от этого центра сияет довольно яркая звезда, которая называется Полярной звездой. Она находится настолько близко от центра вращения, что описывает очень маленький круг. Сначала даже кажется, что в течение всей ночи она не движется. Звезда остается на одном и том же месте ночь за ночью, точно отмечая север. Благодаря этому звезда была очень важна для путешественников в те дни, когда еще не существовало компаса. Именно с помощью Полярной

звезды можно было точно определить, не сбившись ли они с пути.

Этот центр оси вращения, о котором я говорю, называется Северным полюсом мира, и именно поэтому обозначающая его звезда называется Полярной.

Звезды около Северного полюса мира вращаются вокруг него по кругу, делая полный оборот за сутки, то есть за двадцать четыре часа. Даже в самой нижней точке оборота такие звезды не касаются горизонта. Например, когда на звезды Большой Медведицы смотрят из Вавилона, из Европы или из северной части Соединенных Штатов, они всегда находятся в небе.

Звезды, расположенные дальше от Северного полюса мира, движутся по таким большим окружностям, что нижняя часть ее уходит за горизонт. Такие звезды восходят и заходят, как Солнце и Луна.

Именно вавилонские звездочеты первыми подробно записали движения звезд и при этом открыли их пользу. Регулярные величественные перемещения звезд образовывали неизменный фон, по которому можно было изучать движение Солнца и Луны.

Дело в том, видите ли, что, хотя звезды всегда сохраняли свое положение, Солнце и Луна этого не делали. Даже в глубокой древности люди должны были заметить, что два «великих светила» порой находятся в небе очень близко друг к другу, а в другое время расходятся довольно далеко.

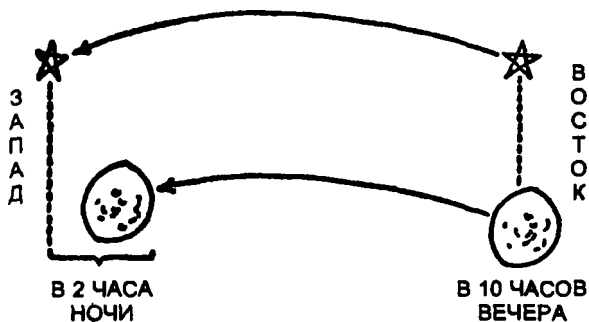
Без звезд, составляющих надежный фон, было бы трудно точно определить движение Солнца и Луны, гораздо труднее разработать календари. И кроме того, не имея возможности определять это движение относительно звезд, людям было бы намного труднее догадаться об истинном перемещении Земли и других планет в пространстве.

Так что, как видите, звезды не только прекрасны. Они имеют и практическое применение.

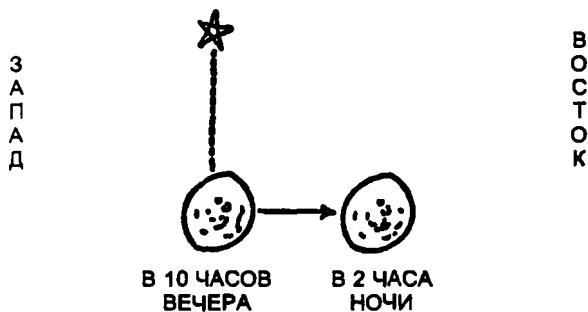
ДРЕЙФУЮЩИЕ СВЕТИЛА

Вавилонские наблюдатели могли заметить, например, что в одну из ночей Луна была к западу от некой звезды. Следующей ночью она могла оказаться чуть восточнее этой звезды. А еще через ночь она могла оказаться далеко к востоку от нее.

На самом деле в некоторые моменты можно было видеть, как Луна движется перед какой-то звездой. Звезда заходила за восточный край Луны и какое-то время оставалась невидимой. Она могла спрятаться всего на несколько минут, если луч ее света перекрывался только северным или южным краем Луны. Или же она могла скрываться целый час, если поверх нее проходила вся Луна. Однако в конце концов звезда появлялась из-за западного края Луны.



Движение Луны и звезды по небу



Движение Луны относительно звезды

Очевидно, Луна движется с запада на восток относительно движения звезд. Действительно, Луна восходила на востоке, как и звезды, и в течение ночи перемещалась на запад, как они. Но Луна двигалась медленнее, чем звезды, так что по сравнению с ними казалось, что она смещается назад, с запада на восток.

Это похоже на два поезда, которые едут в одну сторону по параллельно проложенным рельсам и на разных скоростях. Если вы находитесь в более быстром поезде, то при обгоне более медленного поезда вам будет казаться, будто тот движется назад.

По прошествии приблизительно $27\frac{1}{3}$ дня движение Луны с запада на восток приведет ее обратно к исходному положению среди звезд. За это время, называемое звездным месяцем, звезды словно обгонят Луну на один круг. Или, наоборот, Луна отстанет от звезд на один круг.

В сравнении со звездами Солнце тоже движется с запада на восток. Однако обратный дрейф Солнца проходит медленнее, чем у Луны. Движение Солнца ближе к движению звезд, так что оно отстает меньше. На самом деле звездам требуется $365\frac{1}{4}$ дня, чтобы обогнать Солнце на один круг, и этот период времени называется годом.

Вы можете удивиться: как определялось положение Солнца относительно звезд? Ведь когда Солнце находится на небе, звезды не видны!

Дело в том, что вавилоняне заметили: звезда, заходящая в какую-то ночь через час после заката, на следующий день заходила на несколько минут раньше, а еще через день — еще на несколько минут раньше. Спустя примерно две недели она уже успевала зайти до заката, и на ночном небе ее уже не видно было.

Тем временем звезды, которые прежде не были видны на ночном небе, начнут восходить на востоке перед самым рассветом, а с каждой следующей ночью будут восходить все раньше и раньше.

И таким образом, хотя все звезды будут сохранять между собой прежние расстояния и конфигурации, создается впечатление, словно каждую ночь весь небосвод чуть смещается. Понадобится 365 ночей таких смещений, чтобы небо снова вернулось к первоначальному положению. Звезда, восходившая в какую-то ночь на рассвете, с каждой ночью будет восходить все раньше и раньше, а в то же самое время взойдет только 365 ночей.

Вавилоняне поняли, что эти изменения вызваны более медленным смещением Солнца с запада на восток относительно звезд. Каждый день сияние Солнца будет затмевать звезды в другой части неба, каждую ночь будут видны звезды на иной части небосвода.

Теперь представьте себе, что Луна находится очень близко от Солнца. В этот момент она имеет форму месяца и называется молодой. Когда Луна отстанет от звезд на один круг, она снова окажется на небе в том же самом месте. Однако за прошедшие $27\frac{1}{3}$ дня Солнце сместилось на восток. Луне нужно чуть больше двух дней для того, чтобы догнать Солнце в его новом положении. Следовательно, время между одной молодой луной и следующей равно примерно $29\frac{1}{2}$ дня, и этот период называется синодическим месяцем.

Именно это поначалу и сделало звездочетов важными персонами. Синодический месяц был основой всех древних (и некоторых современных) календарей. Тропический год — это основа для календаря, которым пользуется большая часть населения мира в наше время. Ни один календарь не может быть по-настоящему точным, если не известна точная продолжительность синодического месяца или тропического года. Только звездочеты могли выяснить нужное число, наблюдая за движением Солнца и Луны относительно звездного фона. Синодический месяц равен точно 29 дням 12 часам 44 минутам, а тропический год длится 365 дней 5 часов 48 минут 45 секунд. Поскольку цивилизованный человек высоко ценит точный календарь, этого достаточно, чтобы заставить его уважать звездочетов.

И он их уважал. В древние времена звездочетов очень почитали, и не только за их помощь в составлении календарей. Было нечто такое, что человек (даже цивилизованный) ценил еще выше, и мы в этом скоро убедимся.

БРОДЯЧИЕ ЗВЕЗДЫ

Солнце и Луна — не единственные небесные тела со странным движением. Существуют и похожие на звезды объекты, которые тоже необычны — они не остаются на

одном и том же месте. Я назвал их похожими на звезды, потому что на самом деле они выглядят не совсем так, как звезды, а только похожи на них. Например, эти объекты гораздо ярче, чем почти все звезды, за исключением одной-двух. Более того, они не мерцают, как все остальные звезды, а светят ровно.

Однако звездочетов больше всего заинтересовало то, что эти пять объектов двигались с запада на восток относительно движения фиксированных звезд. По правде говоря, пути движения этой пятерки были даже сложнее путей Солнца и Луны.

(Греки называли Солнце, Луну и эти дрейфующие звезды «планетес», что означало «бродяги», потому что им казалось, будто те бродят среди неподвижных звезд. Это слово пришло к нам как «планета». Однако мы используем его только для звездоподобных объектов, но не для Солнца и Луны. Греки говорили бы о семи планетах, а мы будем говорить о Солнце, Луне и пяти планетах.)

Вавилонские звездочеты захотели проследить пути, которыми проходят среди звезд Солнце, Луна и планеты. Им было недостаточно просто измерить то время, за которое каждый объект завершал круг с запада на восток: звездочеты хотели получить точный маршрут.

Первоначально причиной этого желания, наверное, были встречи Солнца и Луны.

Время от времени Луна оказывается на небе в том же самом месте, где расположено и Солнце, и закрывает его часть. Это — затмение Солнца, или солнечное затмение. Если Луна проходит прямо перед Солнцем, то Солнце может спрятаться даже целиком, что даст полное затмение.

Бывают также моменты, когда Луна и Солнце находятся на прямо противоположных участках неба. Тогда свет Солнца не может достичь Луны, потому что путь ему закрывает Земля. Поскольку Луна светит, отражая свет Солнца, то она становится темной. Это — лунное затмение.

Естественно, древние люди, наблюдавшие за тем, как Солнце якобы исчезает с неба по неизвестной им причине, страшно пугались. Источник всего тепла, света и жизни исчезал! Это было похоже на конец света. Лунное затмение было немногим лучше. Без Луны невозможно будет определить ход месяцев и смену времен года!

И хотя Солнце и Луна всегда появлялись снова, испуг оставлял свой след. Затмения считались дурными знаками: так боги говорили людям, что их ждут катастрофы.

Вавилонские звездочеты обнаружили, что, тщательно отмечая движение Солнца и Луны, можно заранее предсказать, когда именно произойдет затмение. Это позволило им приобрести влияние в качестве предсказателей будущего и придало их исследованиям священный смысл.

Точно известно, что вавилоняне научились предсказывать затмения к 700 г. до н. э.: у нас есть записи их наблюдений за лунными затмениями, относящиеся даже к 721 г. до н. э. (возможно, китайцы научились это делать за много веков до того, но современная наука о звездах имеет корни в Вавилоне, а не в Китае).

Поскольку одно событие на небесах могло оказывать такое большое воздействие на людей и приносить ужасные несчастья (по крайней мере, так считалось), то другие события на небесах тоже должны были приносить несчастья (или, возможно, удачу). В различные моменты планеты занимали на небесном своде разные положения. Некоторые положения могут означать несчастье, другие — удачу. Где находилась каждая из планет в момент вашего рождения? Это могло повлиять на всю вашу жизнь!

Звездочеты разработали целые системы определения удачи и несчастья и того, как расположение звезд может повлиять на судьбу человека. Греки называли их словом «астрология» («изучение звезд»), и слово это сохранилось до наших дней.

Хотя сейчас астрологию считают полной чепухой, а ученые уверены в том, что расположение планет не оказывает влияния на нашу судьбу и характер, миллионы людей по-прежнему в это верят. Многие газеты публикуют колонки с астрологическими прогнозами; есть даже целые журналы, которые посвящены только этому.

Чтобы стать хорошими астрологами, вавилонским звездочетам нужно было знать не только точное расположение планет на данный момент, но и положение, в котором они окажутся в конкретный момент будущего года и были в какой-то определенный момент прошлого года. По этой причине им пришлось самым тщательным образом изучать движения планет.

Так и случилось, что, хотя наука астрология была бессильна предсказывать будущее, она помогла людям создать подлинную науку о звездах. Возможно, люди не исследовали бы небеса с таким вниманием, если бы не надеялись узнать будущее.

И к 700 г. до н. э. вавилоняне могли прекрасно предсказывать движение планет.

Глава 2

НА СЦЕНУ ВЫХОДЯТ ГРЕКИ

ФОРМА ЗЕМЛИ

Греки продолжили изучение звезд с того места, на котором остановились вавилоняне, но делали это совершенно в ином стиле. Большинство греков верило в астрологию так же сильно, как и вавилоняне, но самые талантливые мыслители Древней Греции астрологии не доверяли. Ими двигало нечто другое. Они верили в единство природы. Греческие философы были убеждены в том, что за всеми природными явлениями, в том числе и за движением небесных тел, стоят простые и четкие правила, и прилагали немало усилий к тому, чтобы понять эти правила. Красота и простота правил приносят наслаждение даже в том случае, когда от них нет никакой практической пользы.

(Поскольку греки пытались понять устройство небес, то тех, кто этим занимался, называли астрономами, то есть «размещающими звезды». Названия большинства наук

заканчиваются на «-логия», но астрология была так тесно связана с гаданием, что это слово оказалось в немилости. По этой причине наука о небесах теперь называется астрономией. Если бы вы назвали какого-нибудь астронома астрологом, то, скорее всего, глубоко бы его обидели.)

Поначалу стремление греков к упорядоченности заставило их так хорошо разработать простые разделы геометрии, что с тех пор их практически не пришлось менять. Затем греки смогли использовать эти правила для того, чтобы доказать, что Земля может быть круглой. Похоже, греческий философ Пифагор первым выдвинул это странное предположение примерно в 525 г. до н. э. Однако Земля кажется кочковатой и неровной, но в целом плоской, и до греков все народы считали само собой разумеющимся то, что Земля плоская.

Окружность Земли была вычислена греческим астрономом по имени Эратосфен, который жил в Александрии, в Египте, примерно в 230 г. до н. э. (С 300 г. до н. э. и до 300 г. н. э. Александрия была крупнейшим центром греческой науки.)

Он открыл, что 21 июня, в самый долгий день в году, когда полуденное солнце стояло в небе выше, чем в любой другой день, в Александрии оно все-таки не находилось прямо над головой и отбрасывало короткие тени. В то же время в городе Сиене (Асуане), тоже в Египте, который

был южнее Александрии, солнце было прямо в зените и не отбрасывало тени.

Расстояние между Александрией и Сиеной в греческой системе мер составляло 5000 стадиев. Эратосфен использовал это расстояние, длину тени в Александрии и правила геометрии и показал, что все это можно объяснить, предположив, что Земля — это шар с окружностью 250 000 стадиев.

На самом деле мы точно не знаем, какова длина стадия. Мы подозреваем, что она составляла примерно одну двадцатую километра. Если это так, то Эратосфен был очень близок к тому, что мы сегодня считаем истиной.

Некоторые греческие мыслители были даже уверены, что земной шар вращается вокруг своей оси с запада на восток, совершая полный оборот за сутки. Если бы это было так, тогда стало бы понятно, почему кажется, что звезды вращаются вокруг Земли с востока на запад в течение суток. Движение звезд будет иллюзией, которую создает наше собственное движение.

Нечто подобное мы замечаем, если сидим на поезде на железнодорожной станции рядом с другим поездом на соседнем пути. Если наш поезд медленно тронется, то покажется, что мы стоим, а поезд рядом с нами медленно отъезжает назад.

В случае с поездами мы быстро узнаем истину, поскольку легкая тряска и неравномерность нашего движения говорит о том,

что двигаться начали мы. Кроме того, мы можем посмотреть в другое окно и увидеть, что и станция, и земля тоже отодвигаются назад. Мы знаем, что этого не может быть, и поэтому понимаем, что это мы сами должны двигаться вперед.

Однако вращение Земли происходит совершенно ровно, так что мы движения не ощущаем. Кроме того, «другого окна» для греков не существовало, и выглянуть им было некуда. Так что грекам пришлось удовлетворяться одними только умозаключениями. Они не смогли с уверенностью сказать, вращается ли Земля среди неподвижных звезд, или это звезды вращаются, а Земля неподвижна.

СЕМЬ ДВИЖУЩИХСЯ НЕБЕС

Примерно к 500 г. до н. э. греки пытались объяснить движение планет, предположив для начала, что Земля является центром Вселенной. Так действительно кажется, и практически все люди до современности так и считали. Философ по имени Анаксимен примерно в 550 г. до н. э. предположил, что звезды закреплены на огромной пустотелой сфере, в которую заключены Земля, Солнце, Луна и планеты. Он был первым, кто изобразил на небе сферы.

Эта сфера могла оставаться неподвижной, тогда как Земля вращалась, либо на-

оборот. Позже греки выдвигали аргументы в пользу обоих вариантов.

Солнце, Луна и планеты не могли быть закреплены на этой звездной сфере, потому что они не двигались вместе со звездами с той же скоростью. Следовательно, они должны были находиться в пространстве между звездной сферой и расположенной в центре Землей. Греки не могли поверить, что эти объекты парят в пространстве без всякой поддержки. Ведь если бы это было так, они упали бы! Поэтому греки решили, что каждый из этих объектов должен быть закреплен на своей собственной сфере.

Где располагались эти сферы? Которая была ближе к Земле, а которая — дальше? Греки определили это, наблюдая за тем, с какой скоростью каждая из планет движется относительно звезд. Чем быстрее они движутся, тем ближе они должны находиться к Земле.

Предположим, что вокруг здания спортивного клуба проложено несколько дорожек. Если бы вы наблюдали за ними из клуба, то при сравнении движения бегунов с деревьями на горизонте вам показалось бы, что бегун на дальней дорожке движется медленнее, чем тот, что находится на ближней.

Луна двигалась с запада на восток на фоне звезд быстрее, чем все остальные небесные тела, так что эту сферу поместили ближе всего к Земле.



Вселенная греков

Далее следовала одна из звездоподобных планет. Поскольку она двигалась быстрее, чем все остальные, ее называли Меркурием, в честь быстрого посланника богов с крыльями на ногах. Затем следовала еще одна похожая на звезду планета, самая яркая и красивая, которую называли Венерой в честь богини красоты.

После Венеры шло Солнце, а после Солнца шли остальные планеты, подобные звездам. Первая из них, имевшая красноватый

оттенок, была названа Марсом в честь кровавого бога войны.

Затем следовал Юпитер, названный в честь самого могучего бога, поскольку эта планета казалась главной из тех, что походили на звезды. После Венеры эта планета была самой яркой. Однако Венера никогда не поднималась высоко в небо, а всегда была у горизонта после заката и перед рассветом. Напротив, Юпитер мог светить всю ночь и порой появлялся прямо над головой. Так что хотя Венера была ярче, ее движения были более ограниченными, и Юпитер считался подлинным главой планет.

Затем следовал Сатурн, самая медленная из планет, которая поэтому была названа в честь отца Юпитера, древнего бога. Медленное движение Сатурна казалось соответствующим его огромному возрасту. Сатурн дрейфовал среди звезд с запада на восток настолько медленно, что полный круг по небесам совершал за $29\frac{1}{2}$ года.

Таким образом, вращающиеся сферы планет были расположены между Землей и звездами в том, что представлялось правильным порядком.

(Названия, которые я дал планетам, на самом деле не греческие, а римские. Греческие имена богов были Гермес (Меркурий), Афродита (Венера), Арес (Марс), Зевс (Юпитер) и Крон (Сатурн). Однако астрономы в течение 2000 лет пользуются римскими названиями, и поэтому я буду их ис-

пользовать, даже говоря о греках, которые, скорее всего, заимствовали вавилонские названия. У вавилонян Венера называлась Иштар, в честь богини красоты, Юпитер — Мардук, в честь их главного бога, Марс — Нергал, в честь бога войны. Меркурий и Сатурн они называли Нибу и Ниниб, в честь двух других своих богов.)

Естественно, эти планетные сферы должны были быть абсолютно прозрачными, потому что сквозь них видны звезды. Они должны двигаться идеально равномерно и с полным отсутствием трения.

Однако грекам было нетрудно поверить во все эти идеальные качества. Они даже радовались им. Греки рассуждали так: положение на Земле может быть неидеальным, но на небесах все должно быть безупречно.

Вполне естественным было то, что после того, как были придуманы эти сферы, к ним стали делаться всяческие мистические добавления. Мистическое недоступно для обычных человеческих чувств и для измерительных приборов, изобретенных человеком. Так, предположение, что самолеты удерживаются высоко в небе аэродинамическими силами, которые можно измерить и изучить, — это научное понятие. Уверенность в том, что их удерживают в воздухе невидимые и неразличимые демоны, — мистическое понятие.

Таким образом, были добавлены сферы, на которых располагались механизмы, приводящие в движение все остальные сферы,

на которых находились жилища богов. В Средневековье каждую сферу считали отдельным небом, где находятся свои собственные духи и ангелы. Эта мысль отражена в «Божественной комедии» Данте. Следы этих убеждений сохранились и до сих пор, ведь, говоря о небе и находящихся там объектах, мы по-прежнему употребляем слово «небеса».

Оттуда же берет начало выражение «седьмое небо», которое в наше время обозначает наивысшее счастье? Видите ли, по мере перехода от сферы к сфере, удаляясь от Земли, блаженство увеличивается. Поскольку существовали Луна, Солнце и пять планет, то наивысшая подвижная сфера была седьмым небом.

Еще одно мистическое понятие, введенное Пифагором и его греческими последователями и перешедшее в Средневековье, заключалось в том, что, когда сферы двигались каждая со своей скоростью, они создавали некую божественную музыку, которую нельзя услышать простым смертным. Мы все еще говорим о «музыке небесных сфер», чтобы определить самую прекрасную гармонию.

НЕДОСТАТКИ НЕБЕСНЫХ СФЕР

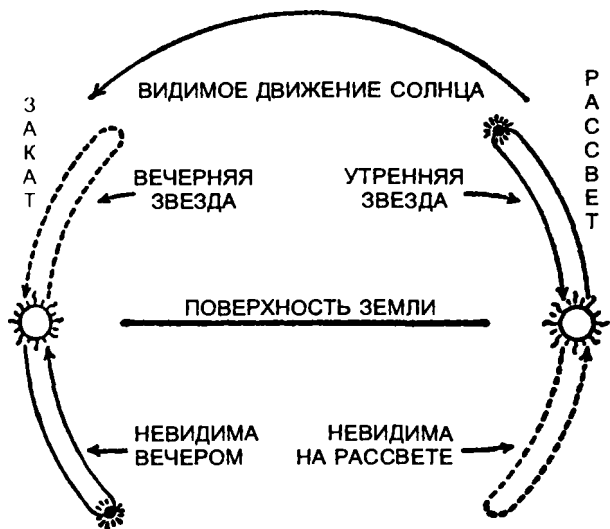
Хотя теория о небесных сферах была красивой и стройной, у нее, к сожалению, были недостатки.

Если бы планеты были закреплены на сферах, вращавшихся вокруг Земли, то они должны были бы двигаться по траекториям, представляющим собой идеальные круги. И действительно, философ Платон приблизительно в 380 г. до н. э. утверждал, что небесные тела просто обязаны двигаться кругами, потому что круг — самая симметричная и, следовательно, самая идеальная кривая. Если бы планеты двигались по кругам, это просто было бы еще одним доказательством того, что на небесах все идеально. В течение почти 2000 лет после Платона астрономы усердно трудились, пытаясь свести движение планет к кругам и комбинациям кругов.

До нынешнего дня траектория, по которой следует объект при движении в космосе, называется «орбитой», от латинского слова, означающего «круг».

У этого красивого утверждения был только один недостаток. При изучении действительного движения планет оказалось бы, что они не просто движутся по окружностям.

Давайте, например, рассмотрим движение Венеры. После Солнца и Луны она — самый яркий объект на небосводе. Иногда ее даже можно видеть днем в виде тусклой точки света. Когда Солнце садится и его сияние меркнет, Венера становится действительно яркой, и ее можно видеть даже тогда, когда небо еще слишком светлое, чтобы на нем появились звезды.



Движение Венеры

Однако в этот момент Венера видна в небе на западе и остается там недолго. Она заходит за горизонт вскоре после Солнца. Поскольку ее видно только вечером, ее часто называют «вечерней звездой».

На следующий вечер Венера снова появляется в небе на западе и находится чуть выше над линией горизонта. И заходит она тоже позже. Каждым следующим вечером она появляется все выше и выше, а заходит все позже и позже. И наступает такой момент, когда на закате она находится на полпути до зенита и заходит только через три

часа после заката. Но это — самое большое, что делает Венера, когда находится в максимальной элонгации.

После этого при каждом следующем закате Венера оказывается чуть ниже на небе и садится быстрее. В конце концов она появляется так близко от Солнца на закате и садится так быстро, что ее вообще не видно.

После этого в течение нескольких месяцев в небе вообще нет «вечерней звезды». Однако в течение этого промежутка времени Венера находится к западу от Солнца. Теперь она предшествует Солнцу в его повседневном движении по небесам и восходит на востоке раньше его. Поэтому она видна уже на рассвете, перед восходом, и становится «утренней звездой».

С каждым рассветом Венера восходит все раньше и раньше Солнца и поднимается все выше и выше над горизонтом на востоке, пока ее не затмевает взошедшее светило. Наконец наступает момент, когда она восходит на целых три часа раньше Солнца и до рассвета успевает пройти половину пути к зениту.

Она опять находится на максимальной элонгации. После этого с каждым утром Венера восходит все позже и имеет все меньше возможности подниматься. В конце концов она восходит настолько поздно, что рассвет застает ее почти мгновенно и планета теряется в его лучах. После этого в течение нескольких месяцев на небе не бывает

«утренней звезды», но возвращается «вечерняя звезда». Весь цикл занимает 582 дня, больше полутора лет.

Поначалу греки даже думали, что «вечерняя звезда» и «утренняя звезда» — это две разные планеты. Они называли «вечернюю звезду» Геспер (их слово «вечер»), а «утреннюю звезду» — Фосфор (что значит «несущая свет», поскольку после ее восхода близок солнечный рассвет).

Латинское слово, означающее «несущий свет», звучит как «Люцифер», и это название можно применить к «утренней звезде». В Книге пророка Исаии в Библии Исаия упоминает царя Вавилона, которому предрекает катастрофу. Он говорит: «Как упал ты с неба, денница, сын зари!», саркастически уподобляя царя «утренней звезде», потому что монарх считал себя стоящим намного выше простых людей.

В латинском переводе Библии слово «денница» было переведено как «Люцифер». Позднее этот стих был истолкован как относящийся к дьяволу, который был самым светлым ангелом на небесах, но восстал и был низринут в бездну. Вот так имя «утренней звезды» стало одним из имен дьявола.

Пифагор, который считал, что Земля круглая, был также первым греком, который сказал, что Геспер и Фосфор — одна планета. Возможно, он узнал это во время своего путешествия по Египту. (Египтяне развили астрономию еще до греков. В неко-

торых вещах они превзошли и вавилонян. Например, египтяне точнее вавилонян вычислили продолжительность года.)

Меркурий ведет себя так же, как Венера, только еще активнее. Он, конечно, далеко не такой яркий и никогда не поднимается на западе так высоко, как Венера. Меркурий проходит самое большее четверть пути до зенита и никогда не садится позже, чем через полтора часа после захода Солнца. Поскольку Меркурий тусклее Венеры и ближе к Солнцу, то из всех планет его увидеть труднее всего.

Меркурий остается «вечерней звездой» не так долго, как Венера. Потом он перемещается на западную сторону Солнца и превращается в «утреннюю звезду». Он опять же тусклее Венеры, никогда не восходит раньше, чем за полтора часа до Солнца, и не поднимается к зениту выше, чем на одну четверть пути. Меркурий проходит весь цикл за 116 дней, или приблизительно за четыре месяца.

Поначалу греки и Меркурий считали двумя планетами. Когда он был «вечерней звездой», его называли Гермесом, а «утренней» — Аполлоном.

Теперь встает вопрос: если Меркурий и Венера закреплены на сферах, которые вращаются вокруг Земли, то почему они не движутся по небу независимо от Солнца, как это делают остальные планеты? Почему Меркурий и Венера вынуждены постоянно

оставаться на определенном расстоянии от Солнца? Может быть, их сферы каким-то образом прикреплены к солнечной сфере, так что они не могут вращаться свободно?

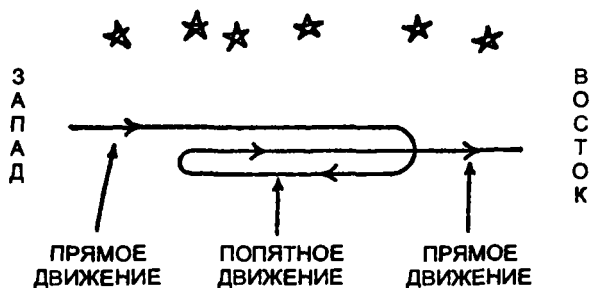
Такая связь Меркурия и Венеры с Солнцем показалась особенно важной одному греческому астроному, которого звали Гераклидом Понтийским. Он жил приблизительно в 350 г. до н. э. и стал первым, кто заявил, что Земля вращается вокруг своей оси. Он также предположил, что Меркурий и Венера движутся не вокруг Земли, а вокруг Солнца. Это объясняло бы, почему кажется, что они всегда находятся рядом с Солнцем и движутся по небосводу в его обществе.

Однако его предположение не приняли.

НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Другие планеты — Марс, Юпитер и Сатурн — вели себя не так, как Меркурий и Венера. Они могли находиться на любом расстоянии от Солнца, и их можно было видеть в любое время ночи, но в определенные периоды года. Однако траектории этих планет загадали иные загадки.

Например, Марс не двигался плавно с запада на восток, как это делали Солнце и Луна. Некоторое время казалось, что он действительно это делает, но затем его движение начинало замедляться день ото дня,



Движение Марса относительно звезд

а затем вовсе прекращалось. После этого в течение какого-то времени планета начинала даже медленно двигаться в обратную сторону, с востока на запад! Такое движение можно назвать попятным или ретроградным, по латинскому слову, означающему «ступать назад». По прошествии двух месяцев такого попятного движения Марс снова делал остановку, опять поворачивал и начинал снова двигаться в обычном направлении.

Марс переходил в такое попятное движение один раз в два года. С Юпитером и Сатурном все обстояло еще хуже. Юпитер переходил на попятное движение каждые 13 месяцев, а Сатурн — каждые $12\frac{1}{2}$ месяца.

Как все это объяснялось? Конечно же сами небесные сферы не могли тормозить и время от времени поворачивать в обратную сторону. Это было бы изъясном в движении, а небеса безупречны.

Один греческий астроном предложил смелое объяснение. Это был Аристарх Самосский, живший через пятьдесят лет после Гераклида Понтийского. Он был согласен с Гераклидом относительно того, что Земля вращается вокруг своей оси и что Меркурий и Венера движутся вокруг Солнца. Более того — он пошел дальше, и именно это стало источником его смелой идеи. Примерно в 280 г. до н. э. он высказал предположение, что, хотя Луна вращается вокруг Земли, все остальные планеты и даже сама Земля (!) движутся вокруг Солнца. Таким образом, как я покажу дальше в этой книге, было бы легко объяснить понятное движение.

Эту теорию Аристарха греки никогда не признали. Они просто не видели в ней логики. В конце концов, Земля представляла собой громадную массу суши и воды шириной в много тысяч километров, а Солнце казалось всего лишь светящимся шаром примерно в треть метра в поперечнике. Как могла огромная Земля летать в пространстве вокруг столь маленького объекта?

Чтобы опровергнуть этот довод, Аристарх использовал методы геометрии, желая доказать, что на самом деле Солнце больше, чем Земля, и подсчитал, что оно в семь раз больше Земли.

В своей оценке размера Солнца Аристарх сделал его слишком маленьким, но его геометрия теоретически была правильной.

Как бы то ни было, греки ему не поверили. Великий философ Аристотель за пятьдесят лет до этого с помощью множества философских доводов уже доказал, что Земля должна быть центром Вселенной, и авторитет Аристотеля победил. Позже величайший греческий математик Архимед упомянул об Аристархе, но только для того, чтобы с ним спорить. Греки придерживались геоцентрической (с Землей в центре) модели Вселенной.

По правде говоря, даже странно, что с Аристархом ничего плохого не случилось. Примерно за двести лет до него греческий философ Анаксагор высказал предположение, что Солнце — это раскаленная скала, которая может иметь диаметр примерно в сто восемьдесят километров. Его привлекли к суду за нечестивость, и философ покинул Афины, после того как был оправдан с очень небольшим перевесом голосов.

Однако с движением планет что-то нужно было делать. Греки не могли успокоиться, пока все не будет улажено; в этом состояло их отличие от остальных древних народов.

Например, вавилоняне и египтяне знали, что Меркурий и Венера всегда находятся на определенном расстоянии от Солнца. Они также знали, что другие планеты демонстрируют понятное движение. Однако все это их не беспокоило. С их точки зрения, планеты двигались так потому, что

этого захотели боги, а людям не полагалось задавать вопросы относительно воли богов.

Однако греки были убеждены в том, что даже боги подчиняются законам природы. Вот почему они были уверены, что где-то должно иметься решение. Должен существовать строгий и логический способ объяснить странное движение планет.

Глава 3

ЗЕМЛЯ В ЦЕНТРЕ

СФЕРЫ НА СФЕРАХ

Первым греком, который попытался отладить небесные сферы так, чтобы движения планет поддавались объяснению без утери Землей положения в центре системы, стал Евдокс Книдский. Он был учеником Платона, жил в одно время с Гераклидом Понтийским и Аристотелем и первым определил продолжительность года с точностью до часа.

Чтобы объяснить, что именно сделал Евдокс, представим себе сферу, которая должна была удерживать Марс. Когда сфера Марса вращается, то делает это вокруг некоей воображаемой оси. Эта ось выходит из противоположных сторон сферы на полюсах. (В соответствии с тем же принципом мы считаем, что земная ось выходит — разумеется, в воображении — на Северном и Южном полюсах Земли.)

Евдокс предположил, что эти полюса закреплены в кристаллическом материале еще

одной сферы, которая охватывает первую. Эта наружная сфера также вращается, увлекая за собой внутреннюю. Поэтому движение Марса представляет собой соединение двух вращательных движений. Происходит вращение внутренней сферы, на которой закреплен Марс, и наружной сферы, на которой закреплены полюса внутренней сферы. Обе сферы двигаются совершенно равномерно по идеальным окружностям, так что небесная гармония не нарушается. Однако соединение этих двух движений создает впечатление, будто Марс движется неравномерно.

Однако даже этого оказалось недостаточно для того, чтобы полностью описать движение Марса. Евдоксу пришлось добавить третью сферу, которая бы удерживала полюса второй, и четвертую — для полюсов третьей. Все четыре двигались со своей собственной скоростью и в своем направлении, а движение Марса, таким образом, становилось результатом соединения четырех совершенно идеальных вращений по кругу.

Для других планет тоже потребовалось по четыре сферы, но по системе Евдокса Солнцу и Луне нужно было всего по три. Солнце и Луна не совершают понятного движения, но в их движении есть неравномерность. На некоторых участках своего вращения вокруг Земли они двигались чуть быстрее, чем в другие моменты. А когда они двигались быстрее, то при этом казались

более крупными, чем когда двигались медленно.

Например, в январе, когда Солнце движется быстрее всего, его диаметр на три процента больше, чем в июле, когда оно движется медленнее всего. Это не такая уж большая разница, но она должна означать, что в июле Солнце находится от Земли на три процента дальше, чем в январе. Чтобы это объяснить, Евдоксу пришлось использовать три сферы. Чтобы объяснить сходные изменения с Луной, ему пришлось и для нее использовать три сферы.

Всего, считая одну сферу для неподвижных звезд, Евдокс в конце концов получил двадцать семь сфер, вращающихся в небе каждая по-своему. Его ученик, Калипп Кизический, добавил новые сферы, доведя их общее число до тридцати четырех. Аристотель сделал новые добавления, так что их стало пятьдесят четыре.

СФЕРЫ ВНУТРИ СФЕР

К несчастью, все эти сферы начали загромождать небеса. И чем дальше, тем хуже. По мере того как движения планет измерялись все более и более точно, различные сферы с их разделениями и вращениями приходилось постоянно регулировать. Стало ясно, что нужно нечто лучшее, чем все новые и новые сферы.

Это «нечто лучшее» впервые ввел Аполлоний Пергский, живший примерно через сто пятьдесят лет после Евдокса. Приблизительно в 225 г. до н. э. Аполлоний предложил вернуться к единой сфере для каждой планеты. Он предположил, что, хотя эти сферы движутся вокруг Земли, центр их вращения не лежит точно в центре этой планеты. Другими словами, они движутся не вокруг самого центра Земли. Эти сферы были расположены эксцентрически. (Слово «эксцентрический» происходит из греческого языка и означает «вне центра».)

Это объясняло основные отклонения в движениях Солнца и Луны. Если сферы Солнца и Луны расположены эксцентрически, тогда во время половины своего оборота Солнце и Луна будут немного ближе к Земле, чем во время второй половины. Когда они находятся ближе, они кажутся чуть более крупными и движутся чуть быстрее. Когда они находятся дальше, они становятся меньше и движутся медленнее.

Планеты потребовали более сложного подхода. Аполлоний заявил, что их движение действительно было результатом комбинации различных других вращений, однако это не было вращением сфер вокруг других сфер, как придумал Евдокс. Вместо этого Аполлоний предположил, что на поверхности больших сфер закреплены маленькие.

Большая сфера, главная, которая несла на себе планету (например, Марс), была де-

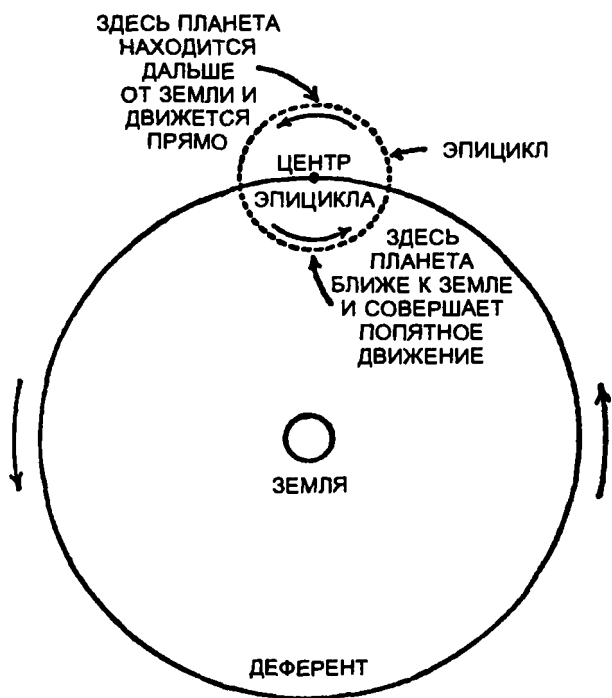
ферентом (от латинского слова, означавшего «носитель», потому что она несла меньшую сферу). Меньшая сфера, закрепленная на деференте, была эпициклом (от греческих слов, означавших «вращаться на», потому что она была малым кругом на большом).

Аполлоний объявил, что центр эпицикла передвигается деферентом вокруг Земли ровным круговым движением, но Марс расположен не в центре эпицикла, а на его поверхности; при этом эпицикл вращается собственным круговым движением.

Это позволило объяснить тот факт, что планеты в течение года меняли свою яркость. Например, Марс в какие-то периоды бывает ярче Юпитера, а в другие — тусклее Меркурия. И действительно: когда Марс оказывается в той части эпицикла, которая находится ближе к Земле, он кажется более ярким. А когда он пребывает в части, более удаленной от Земли, то становится тусклее.

Кроме того, при вращении эпицикла внешняя часть будет двигаться в том же направлении, что и деферент. Однако внутренняя часть будет совершать обратное, или попятное, движение. Поскольку эпицикл движется быстрее деферента, обратное движение его внутренней части будет более чем компенсировать движение деферента вперед. Когда Марс находится на этой внутренней части, он должен совершать попятное движение.

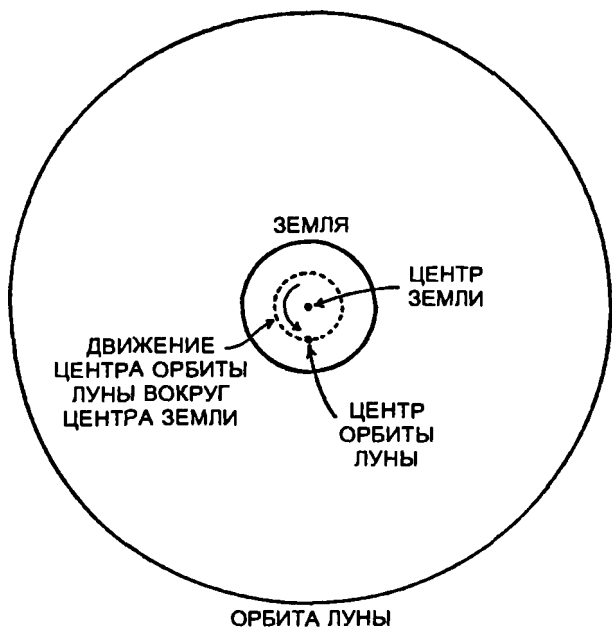
Конечно, это должно означать, что всякий раз, когда Марс оказывается на внутренней части, он будет как находится в попятном движении, так и казаться ярким. И действительно было так. Конечно, в течение некоторых периодов попятного движения Марс не казался таким же ярким, как в другие подобные периоды, но это можно было объяснить с помощью эксцентрическо-



Эпициклы и деференты

го размещения его сферы или введением дополнительного эпицикла.

Ту же систему можно было использовать для Юпитера и Сатурна, чтобы объяснить их понятное движение. В случае с Меркурием и Венерой эпициклы расположены таким образом, что внутренняя часть будет замедлять их настолько, что они никогда не смогут значительно обогнать Солнце. Тем временем наружная часть будет их ускорять, не давая сильно отстать от Солнца.



Эксцентрики

Выбор размера эпицикла (или эпициклов) и скорости его движения позволяли объяснить движения планет, включая их основные отклонения. Расчеты, которые были необходимы, чтобы таким образом предсказывать движение планет, были довольно сложными, но греков это не смущало. Главным было то, что Земля оставалась в центре, а деферент и эпициклы были идеальными кругами, двигавшимися с безупречной равномерностью. Безупречность небес сохранялась. Это было главным.

ПОСЛЕДНЕЕ СЛОВО ГОВОРIT ПТОЛЕМЕЙ

После Аполлония греки не вносили крупных изменений в свою астрономическую систему. Они сохранили геоцентрическую теорию, небесные сферы и систему эпициклов. Единственное, что они делали, — вносили небольшие поправки, когда это оказывалось необходимым.

Например, Гиппарх Никейский, изучавший движение Солнца и Луны примерно в 150 г. до н. э., решил, что систему Аполлония необходимо немного подправить. Он развил теорию эксцентрического расположения, представив себе, что центр, вокруг которого движутся Солнце и Луна, не стоит на месте. Он вращается по кругу вокруг центра Земли, совершая полный оборот раз в

девять лет, — и, конечно, перемещает всю свою сферу.

Гиппарх также тщательно продумал геометрию такой системы и создал формулы для вычисления положения планет в прошлом и будущем. Это стало подлинным концом для таких радикалов, как Гераклид и Аристарх, которым хотелось, чтобы небесные тела двигались вокруг Солнца. Гиппарх так удачно разработал геометрию геоцентрической теории, что она устроила всех. Зачем идти на безумные трудности, предполагая, что огромная Земля летит сквозь космос, только для того, чтобы немного упростить вычисления?

Окончательную форму геоцентрической теории придал греческий математик Клавдий Птолемей (которого обычно называют просто Птолемеем). Он жил в Александрии, в Египте, между 125-м и 150 гг. н. э.

Птолемей принял за основу работу Гиппарха, введя в нее дополнительные поправки. Например, он добавил эпицикл к сфере Луны и заставил его немного колебаться (то есть двигаться туда и обратно). Таким образом ему удалось наконец определить движение Луны точнее, чем когда бы то ни было прежде.

Кроме того, Птолемей уточнил сферы планет, в целом усложнив математические расчеты новыми эпициклами. Однако он тщательно описал все расчеты и создал книгу, которая сохранилась до наших дней.

Видимо, Птолемей написал две книги по математике, которые имели похожие названия. Большую книгу, в которой он описал свою астрономическую систему, ученые называли «Великим математическим построением астрономии», а вторую — «Малым». Слово «великий» по-гречески звучит «мегас». Позже, когда труды Птолемея изучали арабы, они использовали это слово в качестве названия книги, произнося его немного неправильно, а перед ним ставили свое собственное слово «аль», означавшее определенный артикль. «Большой» превратился в «Альмагест». С тех пор книга Птолемея известна как «Альмагест».

Однако после Птолемея древняя цивилизация начала приходить в упадок. Никто не сменил его, чтобы что-то изменить или уточнить. Его слово стало последним. С падением Рима астрономия в Европе прекратила свое развитие; ее возродили арабы между 800-м и 1000 г. н. э. Арабы строили обсерватории и определяли положение и движение небесных тел, используя книгу Птолемея как источник всех сведений. Величайший арабский астроном аль-Баттани около 900 г. н. э. даже сделал несколько мелких поправок к системе Птолемея. После 1000 г. н. э. астрономия начала возрождаться и в Европе, опять-таки на основе теории Птолемея, книга которого была наконец переведена на латинский язык (примерно в 1175 г. итальянским ученым Джерардом Кремонским).

Король Кастилии (части современной Испании) интересовался астрономией и примерно в 1250 г. приказал составить новые таблицы с положением планет. Это был Альфонс X, прозванный Мудрым, и эти таблицы были названы его именем. Альфонс также прославился тем, что выразил недовольство Птолемеем: когда составлялись астрономические таблицы, он якобы сказал, что, будь он Богом, создал бы более простую Вселенную.

Тем не менее в течение 1400 лет за Птолемеем оставалось последнее слово. В связи с этим геоцентрическую теорию Вселенной часто называют системой Птолемея — в его честь.

ПОСЛЕДНЕЕ ЛИ?

Однако система Птолемея имела свои недостатки. Количество различных вращательных движений, необходимых для объяснения движения различных небесных тел, достигало 79. Это число включало в себя деференты, эпициклы, эпициклы эпициклов, движения эксцентриков и так далее. Расчеты, даже после того как Птолемей тщательно их расписал, оставались крайне сложными. Те астрономы, которые были лишены математических способностей Птолемея, должны были испытывать немалое раздражение и мечтать о том, чтобы все это

движение можно было объяснить более простым способом.

Однако в Средние века существовало глубочайшее уважение к великим греческим мыслителям и их огромным достижениям. Полагаю, многим астрономам приходило в голову, что если бы они предположили, что Земля движется вокруг Солнца, то расчеты планетных движений можно было бы упростить. Тем не менее в тот период никому не хотелось противопоставить свой жалкий разум таким великим умам, как Аристотель и Птолемей. Эти греки утверждали, что Земля находится в центре Вселенной, а значит, именно так и должно быть.

Кроме того, со времен греков в западной цивилизации появилось нечто новое — Библия. В Библии были стихи, в которых говорилось, что Земля стоит неподвижно, а Солнце двигается (в особенности это относится к знаменитому отрывку, в котором Иисус Навин приказал Солнцу остановиться, чтобы сражение, в котором израильтяне имели перевес, можно было довести до успешного завершения; в конце концов, это ведь Солнцу было приказано стоять, а не Земле, значит, и двигалось Солнце, а не Земля). Никому не хотелось идти против религии.

В результате этого астрономы до 1500 г. не только не пытались идти дальше Птолемея и Аристотеля, но даже закрывали глаза на все, что могло противоречить греческим теориям.

Например, по Аристотелю, на небесах все остается неизменным, упорядоченным и безупречным. Только «подлунные явления» (то есть те, которые происходят ниже первой небесной сферы, сферы Луны) подвержены изменениям, беспорядкам и дефектам.

Однако время от времени на небесах появлялись кометы.

Кометы — это крупные небесные тела, и они очень необычны в том отношении, что только они, помимо Солнца и Луны, обладают видимыми размерами, а не являются простыми точками света. Более того, кометы имели светящиеся хвосты, растягивающиеся на огромные расстояния — иногда на полнеба.

К тому же кометы были довольно призрачными объектами, поскольку сквозь них ясно видны были звезды. На самом деле они походили на странные привидения с растрепанными волосами, которые вторгались на небеса. Они казались дикими созданиями, в ужасе убегавшими от какой-то катастрофы. Слово «комета» произошло от латинского слова «волосы».

Все эти причины приводили к тому, что в те времена кометы внушали людям ужас; они даже и сейчас пугают некоторых людей. И они раздражали астрономов, потому что появлялись и исчезали непредсказуемо, а их движение, в отличие от движения планет, не казалось регулярным и упорядоченным.

Аристотель объяснил эти беспорядки на небесах, сказав, что кометы составляют часть

земной атмосферы, а не часть небес. Действительно, если бы кометы находились на небесах, они ломились бы сквозь безупречные сферы планет, а это было невозможно.

И астрономы принимали Аристотелеву теорию комет в течение всего Средневековья, хотя легко могли бы ее опровергнуть (позже я расскажу, как именно).

И потом, опять-таки на небесах изредка появлялась новая звезда. Существует рассказ о том, что новая звезда, которую прежде никогда не видели, появилась в небе в 134 г. до н. э. Это произвело такое впечатление на греческого астронома Гиппарха, что он составил список из примерно тысячи звезд, отметив их точное расположение на небе, для того чтобы любые новые звезды, которые там появятся, действительно были восприняты как новые.

Однако с того момента появления новых звезд не отмечалось, хотя несколько обязательно должны были бы появиться. На самом деле нам известно о появлении только одной звезды, очень удивительной, — и тем не менее о ней не сообщалось.

В 1054 г. н. э. на небе появилась новая звезда, которая светила ярче Венеры. Она была настолько яркой, что ее можно было увидеть даже днем. Звезда оставалась такой яркой почти месяц, а потом начала меркнуть. Китайские астрономы тщательно ее описали, и у нас есть их записи. (Конечно, такие «новые звезды» на самом деле не но-

вые, а старые, которые взрываются и на какое-то время становятся намного ярче прежнего.)

Когда современные астрономы навели свои телескопы на место, упомянутое в китайских записях, то обнаружили скопление светящегося газа, которого называли туманностью Краба (из-за его несимметричной формы казалось, будто у него неуклюжие лапки краба). Это скопление газа показалась всем остатками гигантского взрыва, а в центре находилась крошечная горячая звезда, которая, похоже, была тем, что осталось от взрыва. На самом деле эти газы до сих пор расширяются со скоростью, которую можно измерить. Если использовать эту скорость для обратных вычислений, то окажется, что взрыв должен был произойти приблизительно 800 лет назад.

Следовательно, астрономы были твердо уверены в том, что китайцам это не почудилось. Они действительно видели яркую новую звезду, о которой рассказали.

Однако ни один европейский или арабский астроном даже не упоминает о новой звезде. На небосклоне появилась звезда, которая была ярче Венеры настолько, что в течение почти месяца ее можно было видеть днем, — а о ней даже ничего не упоминается! По-видимому, европейская астрономия находилась в таком упадке, что даже такое зрелище не вызвало интереса ученых.

Кроме того, на небе есть несколько звезд, яркость которых изменяется настолько, что это видно невооруженным глазом. Например, существует звезда Алголь. Каждые шестьдесят девять часов она вступает в десятичасовой период, во время которого теряет две трети своей яркости, а потом снова ее восстанавливает. Это хорошо видно, но греки об этом никогда не упоминали. Аристотель сказал, что такого быть не должно, и, думаю, они просто это проигнорировали.

Арабы об этом тоже не упоминают, но они должны были это заметить. Алголь по-арабски значит «вурдалак». Такое название могли дать только звезде, которая действительно пугала наблюдателей. Безусловно, звезда, которая вела себя не по правилам, должна была казаться страшной. Теперь ее иногда называют «демонической звездой», и астрологи считают ее очень несчастливой.

Еще более известным примером является Мира. Когда эта звезда находится на пике яркости, то она бывает порой такой же яркой, как Полярная. А на самом минимуме яркости эта звезда полностью исчезает — по крайней мере, для невооруженного глаза. Однако ни греки, ни арабы ни разу не упомянули о звезде, которая то появляется, то исчезает.

Это было отмечено только в 1596 г., когда голландский астроном Давид Фабрициус сообщил о ее поведении. К этому времени уважение к Аристотелю как к астроному стало

стремительно понижаться, так что название, которое получила эта звезда, — Мира — не отражает никакого беспокойства. По-латыни это слово означает «чудесная».

И наконец, в 1782 г. английский астроном Джон Гудрайк подробно изучил изменения яркости Алголя. В тот момент ему было всего восемнадцать. Он был глухонемым от рождения и умер всего четыре года спустя.

Несмотря на уважение к Аристотелю и Птолемею, раздражение все усиливалось. К 1500 г. астрономы Италии начали тайно размышлять о возможности отказа от системы Птолемея. Примерно в 1450 г. германский кардинал католической церкви Николай Кузанский начал думать о том, что, возможно, Земля движется вокруг Солнца. Однако он не разработал эту теорию подробно. Затем, в 1496 г., в Италию приехал молодой польский студент. Его звали Николай Коперник. Он впитал бунтарские разговоры, которые шли вокруг, а затем начал великую «революцию» против Птолемея.

Глава 4

СОЛНЦЕ БЕРЕТ ВЕРХ

ПЕРЕСТАНОВКА ЗЕМЛИ

Коперник отправился в Италию и жил там десять лет. Первоначально он собирался изучать медицину и юриспруденцию; после возвращения в Польшу он на самом деле работал врачом. Однако в Италии он заинтересовался также математикой и астрономией и питал некоторые интересные идеи.

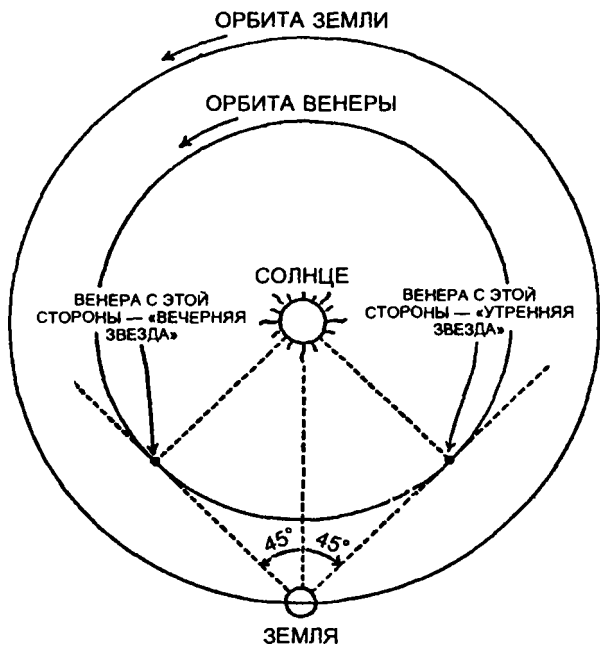
Хотя астрономам Птолемею надоел, никто не решался выступить против всех греков. Однако существовали и такие греки, которые были не согласны с Птолемеем! Например, некие ученики Пифагора (того самого, который открыл, что Геспер и Фосфор — это одна планета) считали, что Земля также составляет часть небесной сферы, совершающей вращение в небесах. Они полагали, что все сферы, включая и земную, вращаются вокруг таинственного и невидимого «центрального огня», а Солнце — лишь отражение этого огня.

Аристарх Самосский предположил, что все планеты, за исключением Луны, движутся вокруг Солнца, и Земля движется вместе с ними.

Коперник, видимо, знал о теории Аристарха, и она его заинтересовала. А что, если такую теорию разработать математически так же тщательно, как была разработана система Птолемея? Он решил сделать именно это и рассмотреть результаты.

Во-первых, если все планеты вращаются вокруг Солнца, тогда Меркурий и Венера должны находиться ближе к Солнцу, чем Земля. Это объяснило бы, почему они не могут отходить от Солнца дальше определенных расстояний.

Представьте себе, что вы наблюдаете за бейсбольным матчем издали и с высоты, с мест, которые расположены на самом краю стадиона. Чуть поворачивая голову направо и налево, вы можете видеть весь стадион. Для того чтобы наблюдать за игрой, вам никогда не придется поворачивать голову полностью. Точно так же наблюдатель с Земли видит всю орбиту Венеры и Меркурия, глядя в сторону Солнца. Обе эти планеты никогда не окажутся позади нас в полночном небе. Поскольку Меркурий ближе к Солнцу и дальше от нас, его «игровая площадка» будет уже, чем у Венеры, так что будет казаться, что он держится еще ближе к Солнцу, чем Венера.



Движение Венеры, объясненное Коперником

С другой стороны, орбиты Марса, Юпитера и Сатурна будут от Солнца дальше, чем орбита Земли. Это означает, что эти планеты иногда будут оказываться у нас за спиной, если мы повернуты лицом к Солнцу. Когда это происходит, они будут видны наверху в полнотном небе. Это похоже на то, как если бы мы наблюдали за бейсбольным матчем от второй базы. Нам не придется полностью поворачиваться для того, чтобы видеть подаю-

щего и принимающего (Меркурий и Венеру), но нам часто придется это делать, чтобы посмотреть на игроков в дальней части площадки (Марс, Юпитер и Сатурн).

Теперь посмотрим, что происходит с изменениями яркости планет. Если бы Солнце было центром планетной системы, тогда Земля и какая-нибудь другая планета, такая, как Марс, могли бы находиться по одну сторону от Солнца. Тогда они окажутся довольно близко друг к другу, и с Земли Марс будет казаться более ярким. Однако порой они будут на противоположных сторонах от Солнца, и тогда Марс окажется дальше и потускнеет.

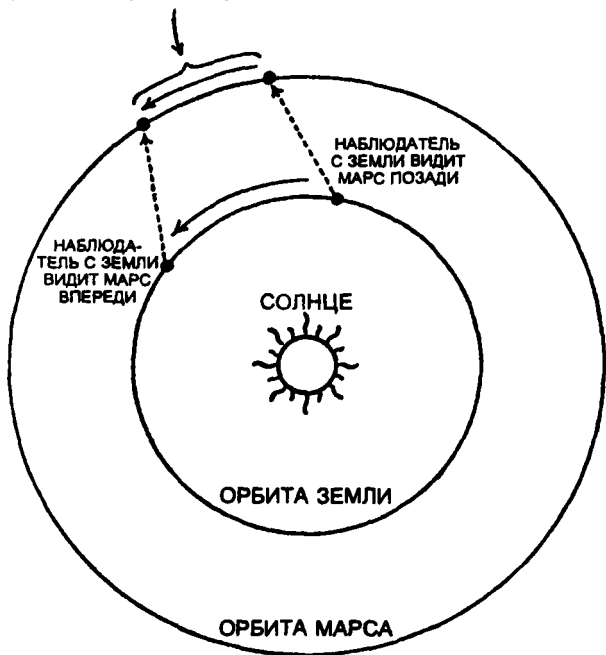
Юпитер и Сатурн с самого начала будут дальше от Земли, и лишнее расстояние, появляющееся из-за того, что они окажутся по другую сторону от Солнца, будет вносить меньше изменений. По этой причине яркость Юпитера будет изменяться меньше, чем яркость Марса, а яркость Сатурна — еще меньше (и это на самом деле так).

А как тогда насчет попятного движения? Действительно, кажется, что чем ближе планета находится к Солнцу, тем быстрее она движется. Так, Меркурий движется по небу быстрее Венеры, а та — быстрее Марса, и так далее.

Поскольку Земля к Солнцу ближе, чем Марс (иначе Марс не мог бы появляться на полночном небе), значит, она должна двигаться быстрее. Когда обе планеты находят-

ся по одну сторону от Солнца, быстро движущаяся Земля догоняет Марс, который движется медленнее, и тогда кажется, что он перемещается на фоне звезд в обратную сторону. Вы никогда не находились в скором поезде, который обгоняет электричку? Вы не замечали, что при этом кажется, будто электричка движется назад?

В ЭТОЙ ЧАСТИ ОРБИТЫ МАРСА
ЗЕМЛЯ ЕГО ОБГОНЯЕТ И ОСТАВЛЯЕТ ПОЗАДИ,
ТАК ЧТО КАЖЕТСЯ, БУДТО ОН ДВИЖЕТСЯ НАЗАД
(«ПОПЯТНОЕ ДВИЖЕНИЕ»)



Попятное движение, объясненное Коперником

Если предположить, что Земля движется вокруг Солнца, то понятное движение Марса, Юпитера и Сатурна можно объяснить этим «обгоном».

Как только Коперник представил себе Землю, вращающуюся вокруг Солнца вместе с остальными планетами, стало странно полагать, что все звездное небо поворачивается вокруг Земли в течение двадцати четырех часов. Раз уж Земля все равно двигалась, гораздо проще было предположить, что она вращается вокруг своей оси, а звезды остаются неподвижными. Таким образом, Коперник принял идею Гераклида Понтийского, который выдвинул ее на 1800 с лишним лет раньше.

В Древней Греции также знали, что Северный полюс мира меняет свое положение, а Полярная звезда не всегда остается рядом с ним. Греки считали это еще одним осложнением движения сферы звезд. Однако Коперник решил, что поскольку Земля вращается вокруг своей оси, то подлинным объяснением будет небольшое покачивание этой оси, которая каждые 26 000 лет будет совершать полный поворот. Движение Северного полюса мира было простой иллюзией, которую создавало собственное движение Земли, такой же иллюзией, как ежедневный восход и закат небесных тел.

Имея все это в виду, Коперник обнаружил, что гелиоцентрическая (с Солнцем в центре) теория Вселенной объясняет целый ряд зага-

дочных фактов относительно планет, и делает это доступнее, чем геоцентрическая теория. Более того, математические формулы, которые приходилось использовать для описания движения планет в гелиоцентрической системе, были гораздо проще тех, которые применялись в старой системе Птолемея. Поскольку именно Коперник заставил мир принять гелиоцентрическую систему и разработал ее математическую основу, то в его честь она названа системой Коперника, хотя он не первым ее придумал.

КНИГА НА СМЕРТНОМ ОДРЕ

Однако Коперник все-таки не решился напечатать свои теории. Он приготовил их в виде рукописи, и к 1530 г. эта рукопись передавалась среди ученых Запада из рук в руки.

Это было время протестантской Реформации, и религиозные чувства были жаркими. О теории Коперника узнали, и он приобрел не только много последователей, но и много врагов. Многие иерархи католической церкви считали, что теория Коперника противоречит тому, чему учит религия. Более того, Мартин Лютер, возглавивший протестантское движение, назвал Коперника дураком, отвергающим Библию. Так что, наверное, осторожность Коперника была оправдана.

Однако в 1540 г. последователь Коперника, которого звали Георг Иоахим Ретик, опубликовал краткое изложение теории Коперника. Потом он убедил самого Коперника согласиться на публикацию его рукописи. Коперник решил отбросить осторожность и посвятил книгу папе Павлу III вместе со смелой атакой на тех людей, которые готовы использовать библейские цитаты для того, чтобы опровергать математические доказательства.

Однако у Ретика начались неприятности (возможно, из-за его приверженности теории Коперника), и ему пришлось оставить город. Он поручил публикацию книги Коперника своему другу, Андреасу Озиандеру, который был лютеранским пастором. Озиандер, помня о взглядах Лютера, хотел избежать впечатления, будто он опровергает Библию. Без согласия Коперника он вставил в книгу предисловие, в котором говорилось, что представленная в ней теория не предлагается как верная. Это — просто прием или уловка, которая делает математические расчеты положения планет более простыми. Он не подписал это предисловие, и в течение долгих лет люди думали, что его написал сам Коперник. Его использовали как аргумент против системы Коперника: астрономы-традиционалисты утверждали, будто Коперник не верил в свою собственную теорию.

К счастью, Коперник об этом не узнал. Первый экземпляр книги попал к нему

24 мая 1543 г., в самый день его смерти. Книгу положили в руки умирающего, который уже несколько дней бредил, так что он, возможно, даже не понял, что именно он держит в руках.

Однако книга продолжала жить и не погибла. Она называлась «*De Revolutionibus Orbitum Caelestium*». В те дни ученые книги всегда писались на латыни, которая была языком науки по всей Европе. По-русски это название звучало бы как «Относительно вращения небесных тел».

Эта книга вызвала сенсацию в Европе, и люди сразу же стали спорить о ней. В день выхода книги началась эпоха современной астрономии.

Сегодня нам покажется, что система Коперника настолько проще системы Птолемея, что она должна была бы сразу же победить. Однако этого не произошло. Для победы системе Коперника потребовалось почти сто лет, и на то было несколько веских причин.

Во-первых, система Птолемея с математической точки зрения работала. Она весьма точно предсказывала положение планет — насколько это было видно невооруженным глазом. С точки зрения точности система Коперника ее не превосходила или превосходила совсем немного. Конечно, вычисления при этом были гораздо более простыми, однако она подразумевала, что вся громадная Земля летит сквозь пространство, вра-

щаясь вокруг Солнца. Большинству людей легче было принять несколько более сложные вычисления, чем мысль о летящей в пространстве Земле.

Конечно, существовали способы, с помощью которых по наблюдениям за небесами можно было доказать, что Земля должна двигаться в пространстве, однако такие наблюдения должны были дожидаться изобретения телескопа. В течение первых семидесяти лет после смерти Коперника телескопов не существовало, а до телескопов вопрос заключался только в том, какой тип расчетов предпочитал тот или другой астроном. Некоторое время астрономы не могли отказаться от популярных идей древних греков.

Во-вторых, большинство религиозных деятелей, как католиков, так и протестантов, считали, что Библия стоит на стороне системы Птолемея. По этой причине многие астрономы и другие ученые медлили и не принимали новой теории из религиозных соображений.

В-третьих, Коперник не стал полностью отказываться от системы Птолемея. Несмотря на все, в своих воззрениях он остался греком. Он по-прежнему считал, что планеты составляют часть вращающихся сфер и их движение должно быть сочетанием идеальных окружностей. Для того чтобы его теория объясняла реальное движение планет, он, как и Аполлоний, Гиппарх и Птолемей, вынужден был использовать

эпициклы. Общее число круговых движений, которые нужны были Копернику для того, чтобы объяснить планетарные орбиты, составило всего 34, по сравнению с 79 Птолемея. Это упрощало вещи, но не настолько, чтобы большинство ученых сочли это важным.

Тем не менее битва началась, и в течение жизни следующих двух поколений шли ожесточенные сражения. Например, итальянский философ Джордано Бруно первым полностью отверг существование небесных сфер. Он также предположил, что космос бесконечно огромен, что существуют неоткрытые планеты, населенные живыми существами. За это его сожгли на костре как еретика в 1600 г.

ОБСЕРВАТОРИЯ В ДАНИИ

Германский математик и астроном Эразм Рейнхольд принял теорию Коперника примерно в 1550 г. Он воспользовался его формулами для того, чтобы определить положение различных небесных тел в прошлом и будущем. Результат его трудов был назван «*Tabulae Prutenicae*» (по-русски — «Прусские таблицы»), потому что был опубликован за счет некоего прусского герцога. Его таблицы были точнее тех, которые публиковали математики-птоlemeисты, и это стало очком в пользу Коперника.

Однако самый влиятельный астроном поколения, появившегося после книги Коперника, отказался принять его систему. И это было крупное очко против Коперника.

Этим астрономом был швед по имени Тихо Браге, который родился в 1546 г. в районе Швеции, принадлежавшем в то время Дании. На самом деле его имя должно было бы звучать как «Тейко Бра».

Его семья хотела, чтобы он изучал юриспруденцию, однако солнечное затмение заставило его заинтересоваться астрономией. В 1563 г. Тихо Браге обнаружил ошибки в «Прусских таблицах», которые и решил исправить. Он быстро приобрел репутацию, и в 1576 г., когда Тихо было всего тридцать, король Дании Фредерик II финансировал строительство обсерватории для него. Это была самая крупная обсерватория, построенная к тому времени. Тихо назвал ее «Ураниборг» («Замок неба»). Позже он построил еще одно здание, «Стеллеборг» («Замок звезд»).

Он заполнил эти здания лучшими приборами, которые только мог приобрести или создать, и с их помощью провел очень точные наблюдения положения небесных тел — самые точные на тот период. Тихо Браге стал первым астрономом, который сделал поправку на то, что свет преломляется, проходя через воздух под углом. Видимое положение звезд менялось из-за этой рефракции, а величина сдвига зависела от того, насколько высоко в небе находилась звезда.

В результате этого Тихо Браге удалось получить сведения с точностью до величины пространства, представленного $1/_{180}$ ширины Луны. Этим он принес огромную пользу, поскольку к тому времени таблицы короля Альфонса давали положение планет с ошибкой в месяц, и даже «Прусские таблицы» ошибались на три дня. Тихо казалось, что без тщательных наблюдений точных таблиц составить вообще нельзя, и он был прав.

В частности, Тихо Браге составил список положений Марса на длительный период времени. Этот список показывал точное движение планеты с точностью, какой прежде никто не знал.

Браге использовал эти и другие наблюдения для того, чтобы попробовать составить собственную планетарную систему. Он не мог принять систему Коперника, возможно, потому, что ему мешали религиозные убеждения. Поэтому Браге предположил, что все планеты движутся вокруг Солнца, но Солнце вместе со всеми вращающимися вокруг него планетами движется вокруг Земли. Это позволило оставить Землю в центре.

Система Тихо никогда не получила распространения; в нее верил только сам Тихо. А возможно, в глубине души даже он сам в нее не верил.

Если бы Тихо Браге смог принять теорию Коперника, то, возможно, и другие астрономы приняли бы ее примерно на пятьдесят лет раньше, чем это произошло на самом

деле. Но хотя Тихо не принял ее, он невольно сделал несколько вещей, которые ослабили прежние, греческие взгляды и расчистили дорогу к будущей победе сторонников Коперника.

Во-первых, в 1572 г. в небе появилась «новая звезда». Она стала такой же яркой, как Венера, и почти такой же яркой, как «новая звезда» 1054 г., которую отметили только китайцы. Однако к 1572 г. в Европе уже царил иной дух. Перемены на небесах больше не игнорировались. Некоторые решили, что это — возвращение Вифлеемской звезды, но Тихо Браге не думал так. Он наблюдал «новую звезду» и даже написал о ней книгу. Именно эта книга составила ему репутацию (Тихо было в тот момент всего двадцать шесть лет) и привела к строительству «Ураниборга».

Тихо Браге назвал свою книгу «De Nova Stella» («О новой звезде»), и с тех пор западные астрономы для обозначения новой звезды используют слово «нова».

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

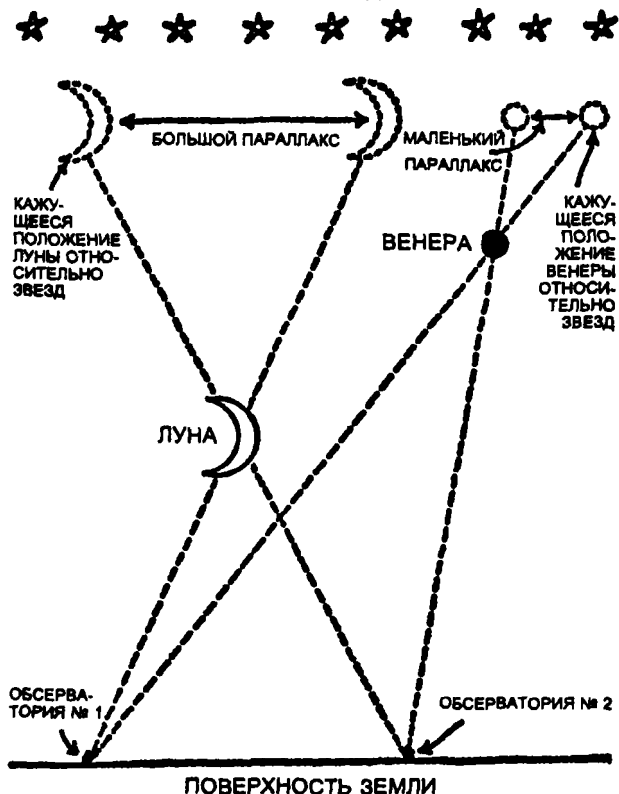
Тихо Браге также опроверг Аристотеля в еще одном очень важном вопросе. В 1577 г. на небе появилась комета, и Тихо взялся за определение ее расстояния от Земли. Он сделал это, используя принцип параллакса.

Это название дано явлению, в результате которого положение близких предметов относительно предметов удаленных видимо меняется, если изменяется само место наблюдения. Например: поднимите палец на расстоянии примерно тридцати сантиметров от лица, закройте левый глаз и засеките положение пальца относительно какого-нибудь более далекого предмета, например стены или дерева. Затем, не сдвигая палец и голову, откройте левый глаз и закройте правый. Обратите внимание на то, как изменилось видимое положение вашего пальца. Положение меняется потому, что зрачки ваших глаз расположены на расстоянии около шести-семи сантиметров друг от друга, так что, когда вы смотрите сначала одним глазом, а потом вторым, вы на самом деле изменяете свое место наблюдения на это расстояние.

Теперь сделайте то же самое, отодвинув палец от глаз на расстояние вытянутой руки. Снова наблюдайте за его положением, закрывая сначала один глаз, а потом — другой. Палец по-прежнему изменяет свое положение, но не так сильно! Другими словами, параллакс уменьшается с увеличением расстояния до объекта. Используя простые тригонометрические формулы, расстояние до предмета может быть измерено, если вы знаете расстояние между двумя точками наблюдения и размер параллакса.

Конечно, когда предмет находится, скажем, на расстоянии пятидесяти метров от

ФОН ЗВЕЗД



Параллакс

Заметьте: чем ближе предмет к Земле, тем больше его параллакс

ваших глаз, его параллакс в сравнении с более удаленными объектами будет слишком мал, чтобы его можно было измерить, если

вы полагаетесь на систему попеременного закрывания глаз. В этом случае вам понадобится более значительное изменение точки наблюдения. Вы должны посмотреть на предмет и заметить его положение относительно более удаленного объекта. Затем вы отходите в сторону метров на пять—десять и снова отмечаете его положение. При таком увеличении базиса эффект параллакса увеличится настолько, что его будет легко измерить.

Принцип параллакса можно использовать, чтобы вычислить расстояние до Луны. Например, положение Луны можно наблюдать на фоне гораздо более удаленных звезд. В то же время ее положение может наблюдать другая группа астрономов из обсерватории, находящейся в нескольких сотнях или даже тысячах километров от первой. Луна на фоне звезд будет занимать несколько иное положение.

Зная расстояние между двумя обсерваториями (с поправкой на выпуклости земной поверхности) и размер наблюдаемого параллакса, можно вычислить расстояние до Луны. Птолемей проделал нечто похожее и получил довольно хорошее представление о расстоянии до Луны. Его данные проверил и подтвердил Коперник. (Расстояние от Земли до Луны в соответствии с современными расчетами составляет около 429 900 километров.)

Другие небесные тела находились настолько далеко от Земли, что параллакс был

слишком небольшим, чтобы его можно было измерить, независимо от того, насколько далеко друг от друга находились обсерватории. Даже во времена Тихо Браге точное расстояние до небесных тел, за исключением Луны, оставалось неизвестным, однако к тому времени эти расстояния считались очень большими, измерявшимися миллионами километров.

Однако когда в 1577 г. на небе появилась комета, Тихо Браге решил, что если кометы составляют часть земной атмосферы, как то утверждал Аристотель, то они должны находиться к Земле ближе, чем Луна, и должны проявлять большой параллакс, который возможно будет измерить.

Любой астроном со времен Птолемея мог бы рассуждать таким же образом и, заручившись помощью обсерватории, расположенной на некотором расстоянии от его собственной, мог бы провести эту проверку. Однако никому и в голову не пришло усомниться в словах Аристотеля.

Однако времена изменились, и Тихо провел эту проверку. Он договорился измерить параллакс кометы с помощью обсерватории в Праге и обнаружил (возможно, к собственному удивлению и смущению), что он слишком мал, чтобы его можно было измерить приборами. Браге мог прийти только к одному выводу. Комета не являлась частью атмосферы. Она должна была бы находиться по крайней мере втрое дальше, чем Луна,

а возможно, и еще дальше. Комета была небесным телом, и Аристотель ошибся дважды. Ведь комета не только не была частью атмосферы, но и небеса не оставались неизменными. (И если уж на то пошло, то как такая крошечная штучка, как комета, пробирается сквозь величественные хрустальные планетные сферы? Неужели сфер не существует?)

Конечно, ни новые звезды, ни удаленность комет сами по себе не были решающими факторами при выборе между Птолемеем и Коперником. Однако, подрывая авторитет Аристотеля, они не могли не усиливать позиции Коперника по отношению к древним астрономам в целом.

Тихо Браге попытался использовать параллакс и против Коперника. Он рассуждал так: если бы Земля вращалась вокруг Солнца, тогда в различные моменты ее положение было бы различным. Например, в январе она была бы в одной точке, а в июле, полгода спустя, она оказывалась бы по другую сторону от Солнца, в точке, удаленной от первой на много миллионов километров.

Тогда, если наблюдать звезды сначала в январе, а потом в июле, получится такой громадный базис наблюдения, что у ближайших звезд должен будет появиться параллакс относительно более удаленных. Тихо провел необходимые измерения и обнаружил, что ни у одной из звезд не появляется никакого параллакса. Он счел это доказа-

тельством того, что Земля просто не может двигаться вокруг Солнца.

С другой стороны, сторонников Коперника это не смутило. Они заявили, что неподвижные звезды находятся настолько далеко, что даже громадный базис, который представляет собой диаметр земной орбиты, не дает такого большого параллакса звезд, чтобы Тихо Браге мог его измерить. Оказалось, что в этом коперниканцы были правы.

В 1597 г. для Браге наступили тяжелые времена. Он всегда был человеком заносчивым и склочным, и к тому же потратил очень много королевских денег на свою обсерваторию. Фредерик II умер, и появился новый король, Кристиан IV, которому не понравилась раздражительность старого астронома, так что он решил не давать ему денег. Король прекратил всякую поддержку и вынудил Тихо Браге уехать из Дании.

Тихо перебрался в Прагу, где в 1599 г. его начал финансировать император Священной Римской империи Рудольф II. Тихо прожил еще два года и почти не успел воспользоваться своими прекрасными приборами. Он умер в ноябре 1601 г. Тем не менее его самые большие достижения в астрономии относятся именно к этим двум годам: как раз тогда он взял себе в помощники молодого немецкого астронома. Это был Иоганн Кеплер, с которым Тихо до этого несколько лет переписывался.

Кеплер превзошел своего учителя. Он использовал наблюдения Марса, проведенные Браге, и использовал их для того, чтобы сделать чрезвычайно важный шаг вперед в астрономии.

НЕ СОВСЕМ КРУГИ

Иоганн Кеплер родился в 1571 г. В детстве он перенес оспу, которая изуродовала ему руки и испортила зрение. Казалось, для него оставалось только одно — стать пастором (он происходил из семьи протестантов).

В школе он учился хорошо, узнал там теорию Коперника и в конце концов оставил богословскую подготовку, чтобы стать профессором естественных наук. Однако Кеплер навсегда сохранил некий религиозный мистицизм, что сказывалось на его великих научных открытиях. Например, он уделял время разработке теорий о музыке небесных сфер.

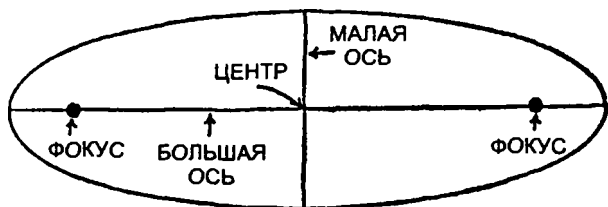
Кеплер был также опытным астрологом и составил гороскопы многих влиятельных людей. Он немного стыдился этого, но объяснял, что это было необходимо для того, чтобы поддерживать к себе интерес власть имущих — людей, которые могли обеспечить ему поддержку и защиту в те беспокойные времена. И Кеплер, вероятно, был в этом прав, поскольку времена действительно были очень беспокойные. Также

он написал великолепный научно-фантастический рассказ о путешествии на Луну, который, однако, был опубликован только после его смерти. Возможно, Кеплер стыдился и этого.

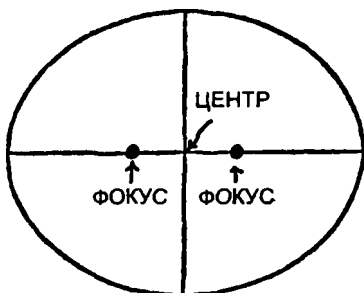
Религиозные волнения заставили его уехать из города, где он был профессором, и перебраться в Прагу, где молодой астроном присоединился к Тихо Браге. Когда вскоре после этого Тихо Браге умер, Кеплер унаследовал его место. Теперь в его распоряжении оказались все великолепные наблюдения небесных тел, которые проводил Браге, и Кеплер с энтузиазмом взялся за них. Однако эти наблюдения были не только настолько хороши, что неточная теория Птолемея к ним не подходила, — они были также слишком хороши, чтобы соответствовать теории Коперника, которая тоже оказалась недостаточно хороша.

Как Кеплер ни пытался расположить деферент и эпициклы, он просто не мог заставить свою вычисленную кривую соответствовать положению Марса, определенному Тихо. Поэтому он вынужден был сделать смелый и решительный шаг — шаг, который в чем-то был даже более смелым, чем тот, который сделал Коперник. Кеплер полностью порвал с греками!

Он отказался от окружности. Пусть она и была идеальной кривой, но она не подходила — и Кеплер ее отбросил. На самом деле сам Тихо Браге тоже думал о том, что



Большой эксцентриситет



Низкий эксцентриситет

его комета могла двигаться по некруговой орбите. Однако в то время кометы не считались достойными уважения небесными телами. От Кеплера потребовалась немалая смелость, чтобы отказаться от кругов для самих планет. Он начал искать какую-нибудь кривую, которая бы лучше, чем окружность, объясняла планетные движения. Сначала он проверил яйцевидную орбиту, но она не подошла. Затем он проверил эллипс — нечто вроде сплющенного круга.

Центр круга находится на равном расстоянии от всех точек, расположенных на окружности. Это значит, что если вы начнете от центра и проведете прямую к любой точке на окружности и обратно, то всякий раз пройдете одинаковое расстояние.

Эллипс немного отличается от окружности. В нем существуют две точки, называемые фокусами. Если вы начнете отсчет из одного фокуса и будете двигаться по прямой к любой точке на границе эллипса, а потом по прямой обратно не к начальной точке, а ко второму фокусу, то пройденное расстояние всегда будет одинаковым.

Линия, проходящая через эллипс по двум фокусам, является наибольшим диаметром, который можно провести через данный эллипс. Это — большая ось. Линия, перпендикулярная большой оси и проходящая точно посередине между двумя фокусами, — это наименьший диаметр, или малая ось. Место, где эти две оси пересекаются, — центр эллипса. Два фокуса расположены по обеим сторонам от центра и на равных расстояниях от него.

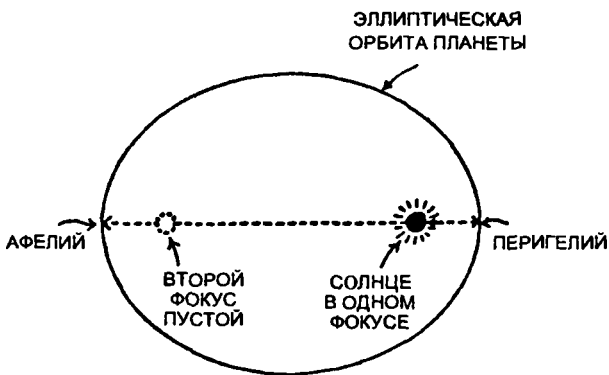
Эллипс может быть широким и почти круглым или узким, сигарообразным. Чем сильнее сплюснут эллипс, тем он более эксцентричен, то есть два фокуса сильнее удалены от центра. (Как вы помните, слово «эксцентричный» происходит от греческого слова, означающего «вне центра».)

Одним из способов расчета эксцентриситета эллипса является измерение расстояния между фокусами, которое затем делится на длину большой оси. Круг можно рассматривать как эллипс, в котором два фокуса оказались настолько близки друг к другу, что совпали друг с другом и с центром. Следовательно, в круге расстояние между фокусами равно нулю. Поскольку нуль, деленный на любое число, равен нулю, то эксцентриситет круга равен нулю.

С другой стороны, когда эллипс становится очень уплощенным, расстояние между фокусами все сильнее приближается к полной длине большой оси. Другими словами, эксцентриситет приближается к 1. Короче, эллипс может иметь эксцентриситет от 0 до 1.

Кеплер попробовал эллипс в качестве кривой, соответствующей движению Марса, — и, о чудо! — был найден эллипс, который полностью ему соответствовал. Он оказался довольно округлым, с эксцентриситетом всего в 0,093, так что был почти окружностью. Кеплер обнаружил, что должен поместить Солнце в один из фокусов эллипса; такой эксцентриситет означал, что Солнце находилось примерно на одной десятой расстояния от центра к одному ее краю и дальше от другого.

Затем Кеплер проверил эллипсы в качестве орбит других планет. Он нашел эллипсы, которые подходили для каждой, и вся-



Орбиты Кеплера

кий раз Солнце размещалось в одном из фокусов. Эксцентриситеты других орбит, за одним исключением, были меньше, чем у орбиты Марса. Эксцентриситет орбиты Земли был всего 0,017, а орбита Венеры в конце концов оказалась почти круглой. Эксцентриситет ее орбиты составил всего 0,007.

Единственная планетарная орбита, которая оказалась по-настоящему кривой, была орбита Меркурия. Ее эллипс имел эксцентриситет в 0,206. И это было важным моментом. Коперник, упорно державшийся за круги, был вынужден дать Меркурию деферент и четыре эпицикла — больше, чем для всех остальных планет.

Как только Кеплер переключился с окружностей на эллипсы, он обнаружил, что больше не нуждается в эпициклах. Ни в едином! Каждая планета могла совершать свое движе-

ние вокруг Солнца, а Луна могла двигаться вокруг Земли, и все объяснялось одной эллиптической кривой. К счастью, только что были изобретены логарифмы, и это очень облегчило проведение сложных вычислений. На самом деле, то, что Птолемей проделывал со своими эпициклами на эпициклах, было попыткой найти сочетание кривых, которые бы в конце концов дали эллипс. (Птолемей, конечно, этого не осознавал — и в этом ему повезло, потому что как математик он понял бы, что никакая комбинация окружностей не может дать эллипс.)

В 1609 г. Кеплер объявил миру то, что с тех пор называется первым законом Кеплера: «Каждая планета движется вокруг Солнца по эллиптической орбите, причем Солнце находится в одном из фокусов эллипса».

В той же книге появился и второй закон Кеплера: «Линия, соединяющая планету с Солнцем, будет проходить через равные площади за равные промежутки времени вращения планеты по орбите».

Второй закон означал, что чем ближе планета находится к Солнцу, тем быстрее она движется, в соответствии со строгим математическим правилом.

Позже, в 1638 г., английский астроном Джеримайя Хоррокс доказал, что движение Луны можно объяснить таким же образом. Она двигалась вокруг Земли по эллипсу, а Земля находилась в одном из фокусов. (В тот

момент Хорроксу было всего девятнадцать, и он умер два года спустя, в возрасте двадцати одного года.)

Эти два закона хорошо объясняли изменения размера и скорости Солнца и Луны при их движении на фоне звезд. Когда Земля находилась в точке орбиты напротив фокуса, занимаемого Солнцем, она оказывалась к Солнцу ближе, чем в других точках. В это время Солнце казалось самым большим, и Земля двигалась по орбите быстрее всего (так что казалось, что Солнце быстро движется относительно звезд). Когда Земля находилась на другой стороне орбиты, у пустого фокуса, она оказывалась от Солнца дальше на величину, равную расстоянию между фокусами. Теперь Солнце казалось самым маленьким, и Земля двигалась медленнее всего.

Самое близкое приближение Земли к Солнцу называется перигелием (к Солнцу), а самая дальняя точка — афелием (от Солнца). Оба слова произошли из греческого языка. На орбите Луны вокруг Земли есть точка, ближайшая к Земле (перигей), и самая дальняя (апогей). Ее кажущееся изменение в размере и скорости может быть объяснено так же, как изменения в Солнце.

Десять лет спустя Кеплер написал еще одну книгу, которая была посвящена в основном мистическим теориям. Однако в ней содержался третий закон Кеплера, который показывал, что время, которое требуется

планете для завершения одного полного оборота на своей орбите, по очень простому математическому правилу зависит от ее расстояния до Солнца.

Эллиптические орбиты Кеплера наконец устранили небесные сферы и доказали, что Бруно в отношении них не ошибался. За это Кеплера не сожгли, но и у него были неприятности. Его покровитель, император Рудольф, был свергнут, и в Германии началась долгая и страшная религиозная война (Тридцатилетняя война). Кеплер как протестант оказался на стороне проигрывающих — по крайней мере в течение первой половины войны, так что ему угрожала опасность. Его мать арестовали как ведьму, и, хотя ее в конце концов отпустили, она почти сразу же после этого умерла от потрясения.

Все это время Кеплер пытался работать, сначала над большим трактатом по астрономии, который ему пришлось забросить, затем над новыми таблицами положения и движения небесных тел. Они составлялись на основе наблюдений Тихо Браге и собственных теорий Кеплера относительно эллиптических орбит. Кеплер назвал их «Рудольфовыми таблицами» в честь своего прежнего покровителя-императора. Они оказались лучшими в мире и были опубликованы в 1627 г. Сам Кеплер умер три года спустя, в 1630 г.

Законы Кеплера упростили математическую часть системы Коперника до такой сте-

пени, что система Птолемея больше не могла с ней конкурировать. И теперь появился последний и самый влиятельный из всех сторонников Коперника, который увлек за собой всех. Дело в том, что у него в руках было оружие, навсегда уничтожившее идеи Птолемея, — телескоп. Это единственное устройство сделало устаревшими все превосходные приборы Тихо Браге. После смерти Тихо ими больше никогда не пользовались и со временем просто сожгли.

Глава 5

ТЕЛЕСКОП РЕШАЕТ

ОХРАНА ПРОВАЛИЛАСЬ

В 1608 г. голландский изготовитель очков, которого звали Ганс Линперши, обнаружил, что если две линзы определенного типа поместить на противоположные концы пустой трубки, а потом поднести трубку к глазам, то покажется, будто далекие предметы стали близкими (а еще они были видны вверх ногами). Согласно одной истории, молодой подмастерье Линперши тратил время, играя с линзами, над которыми ему следовало работать, и первым обнаружил этот факт. Наверное, иногда полезно тратить время зря.

Как бы то ни было, Линперши отправился к голландскому правительству, чтобы получить патент: он хотел продавать свои трубки как новинку и заработать деньги так, чтобы больше никто не смог испортить ему сбыт. Голландское правительство отказало ему, поскольку не хотело, чтобы такие трубки попали в руки населения. Оно еще не закончило войну за независимость, которую вело с Ис-

паний, и постоянно ожидало возобновления военных действий. Трубка, которая могла заставить далекие предметы казаться близкими, была бы великоленной военной тайной. Липперши было приказано продолжать попытки усовершенствования трубки, после чего его проект был строго засекречен.

Однако было уже слишком поздно! Слухи о голландской увеличительной трубе распространились по всей Европе. В Италии в то время жил ведущий европейский ученый, и он тоже о ней услышал. Его звали Галилео Галилей.

Галилей уже проделал выдающуюся работу в области физики. Когда ему было всего семнадцать лет, он открыл принцип маятника, когда наблюдал за тем, как раскачивается люстра в Пизанском соборе (хотя ему следовало бы слушать мессу). Это сделало возможным изготовление маятника и в конечном счете вызвало революцию в механике измерения времени.

Он также подорвал авторитет Аристотеля в одном очень важном направлении. Аристотель утверждал, что тяжелые предметы падают быстрее легких, но он никогда не проводил экспериментов, чтобы проверить, так ли это. Галилей это сделал. Он убедился, что предметы падают с одинаковой скоростью, каким бы ни был их вес (если только они не были настолько легкими, что их удерживало сопротивление воздуха).

Затем он наглядно доказал свое утверждение, забравшись на вершину падающей Пи-

занской башни с двумя пушечными ядрами — одно было деревянным, а второе — чугуным. Чугунное было конечно же намного тяжелее. На глазах множества ученых профессоров и простого народа он столкнул оба ядра с парапета. Они полетели вниз и — бах! — ударились о землю одновременно.

(На самом деле историки настаивают на том, что это сделал не Галилей, а кто-то другой и на несколько лет раньше. Однако эта история настолько характерна для Галилея, что я все равно ее рассказываю. И Галилей на самом деле проводил другие эксперименты — возможно, менее наглядные, — которые доказывали то же самое, так что ему все равно принадлежит честь ниспровергателя Аристотелевых взглядов.)

Аристотелева система физики так и не оправилась после этого, но у Галилея тоже начались неприятности. Профессора не любят, чтобы их выставляли дураками, а Галилей любил иронизировать по адресу тех, кого он разоблачил. Ему пришлось уехать из Пизы. Галилей получил лучшее место в другом городе, но и там ему предстояло понасть в неприятности из-за его сарказма.

И вот этот Галилей слышал разговоры о трубке, которая заставляла далекие вещи казаться близкими. Он начал собственные эксперименты с линзами и уже через полгода изготовил трубку, которая была лучше тех, что делал Липперши. Вот вам и секретность!

Эта трубка получила название «телескоп»: слово это происходит от греческого «далекое видение».

Почти сразу же Галилей, который был сторонником саморекламы и очень умело ее проводил, сделал телескоп широко известным. Он отправился в Венецию, которая в те дни была крупнейшим морским портом, и там поднял телескоп на верх самого высокого здания, заставив всех лучших людей города, серьезных старых купцов, пыхтеть, поднимаясь вверх по лестнице. Там они могли посмотреть в трубку и увидеть корабли, находившиеся настолько далеко, что требовалось два часа, чтобы они приблизились к городу так близко, что становились видны невооруженным глазом.

А затем Галилей начал публиковать нечто вроде газеты, которая называлась «Сидериус нунциус», или «Звездный вестник», в которой рассказал сначала об изобретении телескопа, а затем — о различных вещах, которые он в него видел.

Ибо он совершил с телескопом великую вещь. Изобретение не интересовало его в качестве боевого оружия или помощника торговли. Он обратил его на небо!

ЛУНЫ ЮПИТЕРА

Почти сразу же Аристотель и Птолемей потерпели новое поражение. Первым объектом, на который Галилей навел свой теле-

скоп, была Луна. Он увидел ее в десять раз большей, чем она представлялась невооруженному глазу, а затем смог создать телескопы, которые увеличивали предметы в двадцать раз. С таким увеличением он открыл на Луне горы и кратеры. Следовательно, Луна, хотя и была небесным объектом, оказалась такой же несовершенной, как Земля. Она оказалась даже менее совершенной, потому что ее поверхность была еще более неровной и грубой, чем у нашей планеты (еще одно потрясение для тех, кто считал небеса безупречными потому, что так утверждал Аристотель).

Галилей посмотрел на Млечный Путь и обнаружил, что это не просто полупрозрачное облако. Он состоял из несчетных миллионов звезд, таких многочисленных и далеких, что невооруженному глазу они представлялись просто белой дымкой. Больше того, по всему небу он обнаружил звезды, которых не было видно невооруженным глазом. На самом деле этих тусклых звезд оказалось намного больше, чем тех, которые были достаточно яркими, чтобы их было видно без телескопа.

Когда начался новый год, Галилей обнаружил нечто такое, что изумило мир. 7 января 1610 г. он направил свой телескоп на Юпитер. Планета увеличилась до небольшого шарика. Звезды этого не делали. Даже в самых современных телескопах они остаются всего лишь светящимися точками.

Что сразу же поразило Галилея, так это то, что около Юпитера он увидел три маленьких звезды (а следующей ночью — уже четыре). Галилей наблюдал за ними каждую ночь, и вскоре стало ясно, что они вращаются вокруг Юпитера.

Вокруг Юпитера двигалось четыре маленьких луны, точно так же, как наша Луна движется вокруг Земли.

Это стало доказательством того, что в одном отношении Аристотель и Птолемей определенно ошиблись. Они утверждали, что все, что находится на небесах, вращается вокруг Земли. Но несмотря на то, что можно было говорить о Луне, Солнце и планетах, вокруг Юпитера вращались четыре маленьких небесных тела!

Галилей назвал их «звездами Медичи», в честь Козимо Медичи II, великого герцога Тосканского, у которого он надеялся получить (и позже получил) место. Однако позднейшие поколения решили, что это прославляет не того человека, который этого заслужил. Когда о новых телах слышал Кеплер, он назвал их сателлитами (от латинского слова, обозначающего личных слуг важного человека). Четыре луны Юпитера, когда о них упоминается как о группе, называются в наши дни Галилеевыми лунами.

В русском языке используется не слово «сателлит», а слово «спутник», и им обозначают любое небесное тело (даже искусственное), которое вращается вокруг планеты.

Спутники движутся вместе с планетой, другими словами — сопровождают ее во время ее движения вокруг Солнца. Луна — это спутник Земли. Спутники можно называть «лунами», и это часто делается, однако проще употреблять слово «спутник», а слово «луна» оставить за собственным спутником Земли.

Галилеевы луны — довольно крупные объекты. Два спутника, находящиеся ближе всего к Юпитеру, почти такие же большие, как наша Луна (порядка 300 000 километров в диаметре). Два внешних на самом деле крупнее нашей Луны, и даже больше планеты Меркурий.

Спутники Юпитера получили имена персонажей, которые в греческой мифологии были тесно связаны с Юпитером (Зевсом). Это сделал немецкий астроном Симон Марий, открывший эти спутники всего на один день (!) позже Галилея. Спутник, находящийся ближе всего к Юпитеру, называется Ио, дальше идут Европа, Ганимед (самый крупный) и Каллисто. Иногда их называют цифрами: Юпитер I, Юпитер II, Юпитер III и Юпитер IV.

В 1611 г. Галилей отправился со своим телескопом в Рим и позволил людям, в том числе и церковным иерархам, смотреть в него. Они были изумлены, и на многих это произвело хорошее впечатление. Однако некоторые решительно возражали, исходя из принципов астрологии. Они говорили, что, раз эти новые объекты человек не мо-

жет видеть без специальной трубы, значит, с момента создания мира они влияли на жизнь людей, хотя те об этом не знали. Они говорили, что Бог не был бы настолько несправедлив, чтобы допустить подобное положение. Следовательно, он не стал бы создавать Юпитеру невидимые спутники, а значит, их там и нет.

Когда Галилей предложил им посмотреть в телескоп и увидеть все самим, они отказались.

С подобной позицией спорить невозможно, однако Галилей не мог не смеяться над этими упрямыми дураками — и, естественно, нажил себе множество новых врагов.

Однако Галилеев «Звездный вестник» с энтузиазмом встречали по всей Европе, и телескопы входили в моду. В Германии Кеплер получил от Галилея телескоп (Кеплер как раз опубликовал книгу со своими первыми двумя законами) и начал наблюдать за небом — насколько ему позволяло его плохое зрение. Он также улучшил конструкцию телескопа и начал научное изучение работы линз. На самом деле он основал науку оптику. Другие астрономы тоже получали телескопы или сами их изготавливали.

ФАЗЫ ВЕНЕРЫ

Галилей на этом не остановился. Он дал солнечному свету пройти через телескоп, отбрасывая изображение на белый экран (по-

началу он попробовал смотреть на само Солнце и чуть не ослеп). Таким образом он увидел на Солнце пятна! Это не было настоящим открытием, потому что бывают такие моменты, когда пятна на Солнце так велики, что их можно увидеть невооруженным глазом. Однако такое случалось очень редко, и люди, которые их видели, решали, что им это кажется из-за того, что Солнце слепит глаза.

Однако между 1610-м и 1612 гг. Галилей с помощью телескопа увидел многочисленные пятна и тщательно их описал. Он заметил, что они движутся по Солнцу, и заявил, что Солнце, как и Земля, вращается вокруг своей оси.

Это было самой дурной вестью для сторонников системы Птолемея. Из всех идеальных небесных тел Солнце, конечно, было самым главным. Однако некий Галилей утверждает, будто на его поверхности есть пятна, кляксы и дефекты! Не может быть! Он, конечно, пользуется плохими линзами. Или, может быть, это дьявол вводит его в заблуждение.

Затем Галилей посмотрел на Сатурн и заметил в нем нечто странное. Однако Сатурн отстоял от Земли дальше всех известных тогда планет, а телескоп Галилея был небольшой. Он не смог разобрать, что именно видит, — и потому не открыл кольца Сатурна.

Но самое важное открытие все еще оставалось впереди. Оно было сделано так. Все

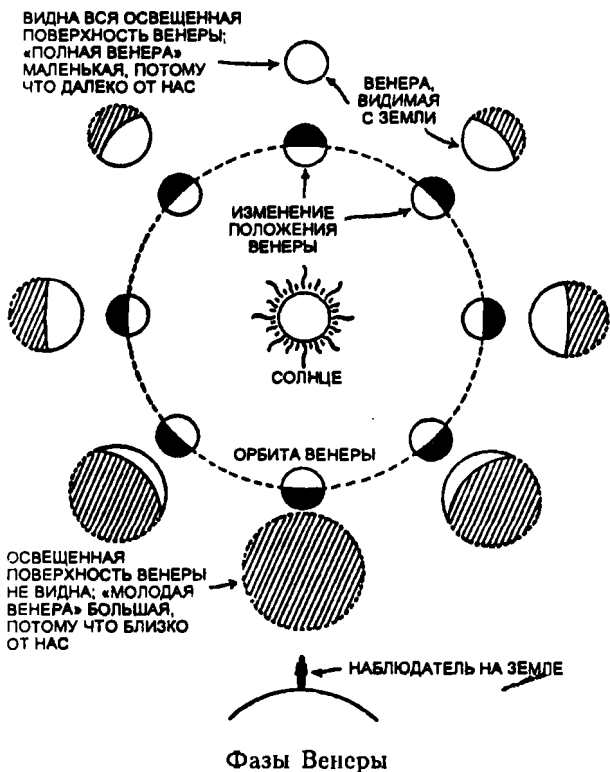
были согласны с тем, что планеты светятся за счет отраженного от Солнца света. Например, в случае Луны это было очевидно. Когда Луна находится относительно Земли на противоположной стороне от Солнца, мы видим ее освещенную поверхность, и тогда у нас полнолуние — или почти полнолуние. Когда она оказывается между Землей и Солнцем, мы видим в основном неосвещенную сторону. Тогда она уменьшается до полукруга света и даже еще меньше, становясь все более и более тонким серпом.

То же самое должно происходить и с любым другим небесным объектом, который оказывается между Землей и Солнцем. Происходит ли это с Венерой? Согласно эпициклам, установленным системой Птолемея, Венера всегда оставалась между Землей и Солнцем и никогда не становилась больше полумесяца. Согласно системе Коперника, Венера в течение каждых полутора лет уходила за Солнце и тогда должна была становиться «половиной Венеры», а затем и «полной Венерой».

Конечно, невооруженным глазом нельзя было определить, бывает ли Венера полной или нет. А с помощью телескопа?

Галилей стал наблюдать за этой планетой через свою трубу и после определенного периода наблюдений все сомнения рассеялись. Венера меняла свои фазы точно так же, как это делала Луна, включая половину и полную фазу. Более того, когда она была полумеся-

цем и находилась по нашу сторону от Солнца, ее видимый размер был в сорок раз больше того, который наблюдался в полной фазе, когда она была по другую сторону от Солнца.



Это стало последней каплей. Стало очевидно, что Птолемей ошибался, а Коперник был прав.

Однако Галилей начал осторожничать. Сначала он объявил о своем открытии в письме к Кеплеру с помощью анаграммы, то есть набора букв, казавшихся бессмыслицей. Однако когда буквы располагались в нужном порядке, то они составляли латинскую фразу, которая в переводе звучит так: «Мать любви подражает форме Цинтии». («Мать любви» — это, конечно, Венера, а «Цинтия» — это одно из поэтических наименований Луны.)

Таким образом, Галилей надеялся отложить реальное заявление до того момента, когда дела пойдут лучше, — однако, если бы тем временем тот факт открыл кто-нибудь другой, у него осталось бы доказательство того, что его собственное открытие было сделано раньше.

Однако Галилей уже опоздал. В Риме у него было слишком много врагов. Многие высокопоставленные церковники одобряли его и верили его открытиям, но были и другие. Среди врагов Галилея оказались влиятельный итальянский кардинал по имени Роберто Беллармино и немецкий иезуит-астроном Кристоф Шейнер. Шейнер бурно спорил с Галилеем относительно того, первым ли тот открыл солнечные пятна. Бушевала Тридцатилетняя война, времена были тяжелые, и враги Галилея убедили папу Павла V в том, что безопасность церкви требует суровой позиции и отказа от примирения с коперниканцами.

И поэтому в 1616 г. католическая церковь официально объявила себя сторонницей системы Птолемея. Вера в систему Коперника и даже в то, что Земля вращается вокруг своей оси, рассматривалась как ересь. Галилею запретили распространять коперниканство. Как правоверный католик, он уступил, стал жить как частное лицо и продолжал свои наблюдения, не публикуя их результатов.

Он делал это в течение пятнадцати лет, а затем почему-то пришел к убеждению, будто церковь смягчила свою позицию. Во-первых, теперь во главе Римской католической церкви стоял новый папа, Урбан VIII, а он был почитателем Галилея. И вот в 1632 г. Галилей опубликовал крупную работу, которая называлась «Диалог о двух главнейших системах мира», где три человека обсуждали Вселенную. Один задавал вопросы и хотел приобрести знания. Двумя другими были птолемеец и коперниканец, и каждый излагал свои доводы. Естественно, Галилей позволил стороннику Коперника одержать верх. По правде говоря, он заставил птолемея выглядеть полным болваном. Из того, что Галилей заставил говорить сторонника Птолемея, папа почему-то заключил, что смеются над ним самим, — и, естественно, разгневался.

Книга была превосходно написана и мгновенно стала популярной во всей Европе. Она была написана не на латыни, а по-

итальянски, разговорным, но очень выразительным языком, так что ее могли читать не только ученые. Немного странно, что Галилей сохранил круги Коперника и проигнорировал эллипсы, которые за двадцать три года до этого провозгласил его хороший друг Кеплер, с которым он постоянно переписывался. Возможно, Галилей недооценивал Кеплера из-за его астрологии и мистицизма и намеренно игнорировал его как чудака. Более того, самый свой главный довод в пользу теории Коперника Галилей обосновал разработанной им теорией приливов, однако эта теория оказалась совершенно ошибочной.

Как бы то ни было, публикация этой книги вызвала в Риме вспышку гнева. Враги Галилея снова призывали папу действовать, и астроном был вызван на суд инквизиции. 22 июня 1633 г. старика (ему в тот момент было шестьдесят девять лет) заставили встать на колени и заявить, что теория Коперника неверна и Земля не движется. После этого его отправили домой, и оставшиеся восемь лет он жил тихо, никого не беспокоил — и его тоже не беспокоили. Галилей умер 8 января 1642 г.

Существует предание: когда в суде инквизиции Галилей встал с колен, то топнул ногой и пробормотал себе в бороду: «А все-таки она вертится!» Скорее всего, это неправда, но можно определенно утверждать, что эти слова произносили почти все ученые и астрономы Европы.

Победа над Галилеем была последним действием сторонников Птолемея — и в то же время покончила с ними. Конечно, некоторые ученые, видя, что произошло с Галилеем, стали осторожничать. Великий французский математик Рене Декарт, который собирался опубликовать книгу в защиту новой астрономии, решил этого не делать. Однако большинство ученых продолжили борьбу. Теперь уже по всей Европе появились телескопы, и любой астроном мог сам убедиться, что то, о чем сообщал Галилей, было правдой. Систему Коперника приняли повсюду, а система Птолемея ушла в историю.

Тем не менее церковь легко не сдавалась. Книга Коперника оставалась в Индексе католической церкви (списке запрещенных книг) до 1758 г.

КОЛЬЦА САТУРНА

Телескоп Галилея усовершенствовался и улучшался в руках тех людей, которые жили после него. Он представлял собой просто трубу, которую приходилось держать в руках или класть на подоконник. Позже астрономы стали использовать более крупные линзы и более длинные трубы, получая большее увеличение. К 1650 г. было изготовлено несколько телескопов длиной в 45 метров. Астрономам пришлось делать телескопам подпорки, устанавливая их так,

чтобы они могли поворачиваться в разных направлениях.

Новые открытия делались постоянно и в огромных количествах. Можно было получить более точное представление относительно расстояний до планет, поскольку при наблюдениях в телескоп становилось возможным измерение небольших параллаксов. Например, когда Венера и Меркурий проходят точно между Землей и Солнцем (оба время от времени это делают), они выглядят как маленькие круглые черные точки, движущиеся через Солнце. Это называется прохождением. Наблюдатели, находящиеся в разных точках Земли, могут заметить, когда именно Венера или Меркурий соприкоснулись с Солнцем, когда они отошли от него и по какой траектории двигались. Такие наблюдения можно было использовать для определения параллакса Солнца, так что стало возможным определить расстояние и до него.

(Первое прохождение Венеры наблюдал в телескоп в 1634 г. юный Джеримайя Хоррокс, которого я уже упомянул в связи с открытием эллиптической орбиты Луны. Однако только во время прохождения 1769 г. измерения стали достаточно точными, чтобы с их помощью стало возможно определить расстояние до Солнца. В тот год американский ученый Дэвид Риттенхауз, наблюдая прохождение, заметил, что у Венеры есть атмосфера. Это была первая атмосфера, открытая на другой планете.)

Даже с телескопом казалось невозможным определение параллакса любой из звезд. Наконец, в 1838 г. несколько астрономов одновременно объявили о параллаксе некоторых звезд. Чтобы показать вам, насколько сложной была задача, скажу, что Солнце отстоит от Земли на 16 000 000 километров и для измерения его параллакса понадобился телескоп. Но даже ближайшая звезда находится на расстоянии в приблизительно 80 000 000 000 000 километров, что примерно в 250 000 раз больше, чем расстояние до Солнца. Следовательно, параллакс даже самой близкой звезды действительно очень мал.

Однако эти параллаксы были все-таки не настолько малы, чтобы их нельзя было измерить. Конечно, к 1838 г. ни одному астроному и в голову не приходило усомниться в системе Коперника. Однако если бы кто-то все-таки усомнился, то окончательным доказательством того, что Земля вращается вокруг Солнца, а не наоборот, стал бы тот факт, что некоторые звезды меняют свое положение, отклоняясь в течение полугода в одну сторону, а потом в течение следующего полугода в обратную. Этот факт убедил бы даже Тихо Браге.

Телескоп также продолжал увеличивать Солнечную систему, делая возможность открывать новые небесные тела в ее пределах. Мы теперь называем эту систему Солнечной потому, что в ее центре находится Солнце и

вся она как бы ему принадлежит. Всю систему, включая и Землю, можно представить себе как царство Солнца.

В попытках получить все большее увеличение телескопы становились такими длинными, что в конце концов их стали изготавливать без труб. Линзы подвешивались в воздухе в определенных местах. Такие телескопы назывались воздушными. Однако чем длиннее становились такие телескопы, тем труднее было с их помощью найти какую-то определенную звезду или планету.

Голландский астроном Христиан Гюйгенс в 1655 г. изучал с помощью телескопа Сатурн и обнаружил, что его окружает сверкающее кольцо, которое вращается вдоль экватора планеты, не прикасаясь к ней. Это явление за сорок лет до этого едва не обнаружил Галилей. В тот же год Гюйгенс также открыл крупный спутник, вращающийся вокруг Сатурна. Он оказался не таким большим, как два самых крупных спутника Юпитера, но все равно крупнее нашей Луны. Гюйгенс назвал его Титаном за его размер, потому что титанами звались мощные гиганты, которых древние греческие мифы связывали с Сатурном (Кроном).

Помимо этого он открыл, что Юпитер не идеально круглый, а шире на экваторе.

Гюйгенс также первым создал действующие часы с маятником, используя открытый Галилеем принцип маятника. Благодаря этому астрономы смогли проводить свои на-

блюдения, зная их точное время. Значит, два астронома, находящиеся в разных местах, могли знать, когда они проводили свои наблюдения одновременно. Это оказалось чрезвычайно полезно для развития науки. Для астронома хорошие часы важны почти в той же степени, как и хороший телескоп.

Учеником Гюйгенса стал датчанин Оле Рёмер. Он показал, как телескоп можно устанавливать на земле при помощи колеса, которое позволяло его поворачивать. Используя маятниковые часы Гюйгенса для точного определения времени, телескоп можно было направлять в таком направлении, что нужные спутники или планеты оказывались в поле зрения автоматически. Огромные воздушные телескопы моментально вышли из моды. Рёмер измерил движение спутников Юпитера и разработал формулы, по которым можно было предсказать, когда они пройдут позади Юпитера. Естественно, каждый из четырех спутников двигался по-своему.

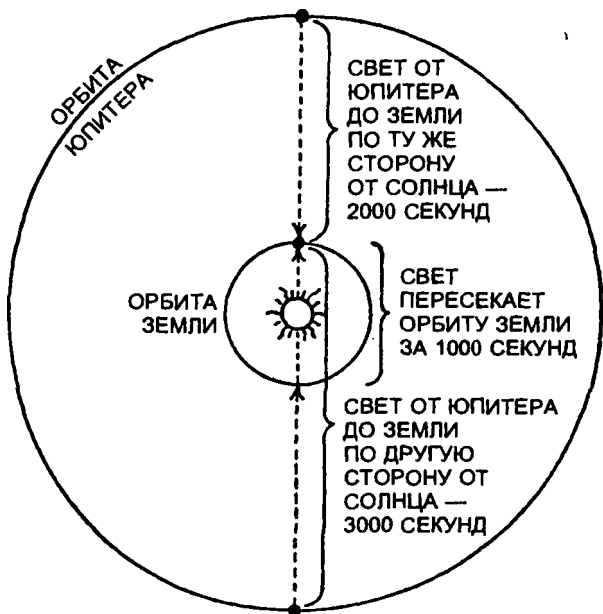
Однако, определив эти перемещения, Рёмер обнаружил, что, когда Земля находится с Юпитером по одну сторону от Солнца, каждый спутник уходил за Юпитер чуть раньше, чем следовало. А когда Земля и Юпитер оказывались по разные стороны от Солнца, спутники уходили за Юпитер чуть позже. В обоих случаях «ошибка» для всех спутников была одинаковой, и Рёмеру не удавалось создать такие способы расчета, которые бы эту погрешность устранили.

В 1675 г. Рёмер решил, что эти погрешности должны были обуславливаться тем, что для движения света необходимо время. Когда Земля и Юпитер находились по разные стороны от Солнца, свету требовалось дополнительное время (оно оказалось равным 16 минутам) для того, чтобы пересечь орбиту Земли. Спутники не заходили слишком рано или слишком поздно. Дело было только в том, что свет, который сообщал об этом, долетал до глаз астронома чуть раньше или чуть позже.

Используя диаметр орбиты Земли и отрезок времени, на который задерживалось затмение спутников Юпитера, Рёмер смог объявить полученную им величину скорости света. Он получил число, которое очень близко к тому, которым принято пользоваться сейчас. В то время определение этого числа могло показаться не слишком важным, однако скорость света оказалась ключом к современной физике. Следовательно, Рёмеру удалось добиться большего, чем он рассчитывал.

Сейчас самое точное современное значение составляет примерно 300 000 километров в секунду. Это огромная скорость. Свет от Земли достигнет до Луны за $1\frac{1}{4}$ секунды, а до Солнца — за 8 минут. Однако до ближайшей звезды свет будет идти уже больше 4 лет.

Еще одним астрономом, изучавшим Юпитер с помощью телескопа, был итальянец Джованни Доменико Кассини. Его работы



Скорость света

принесли ему известность, и Людовик XIV, король Франции, пригласил его в Париж. В Италии Кассини определил время оборота Марса и Юпитера вокруг своей оси и обнаружил тени, которые отбрасывали на Юпитер его спутники; во Франции он сосредоточил свое внимание на Сатурне.

В 1675 г. — в тот год, когда Рёмер определил скорость света, — Кассини заметил, что кольца Сатурна двойные. Там оказалась темная линия, которая разделяла их на ши-

рокую внутреннюю часть и более узкую наружную. Ее до сих пор называют делением Кассини. До этого, в 1671-м и 1672 гг., Кассини открыл два спутника Сатурна и позднее, в 1684-м, еще два.

Он попытался назвать их Людовиками в честь Людовика XIV, точно так же, как Галилей пытался с помощью своих спутников оказать честь Медичи. И эта попытка польстить правителю не удалась. Открытые Кассини спутники сейчас известны как Тефия, Диона, Рея и Япет. Все это — имена титанов, которых греческие мифы связывали с Сатурном (Кроном). Ни один из этих четырех спутников не достигает величины Титана или Галилеевых лун Юпитера. Самый крупный из них имеет диаметр чуть больше 1800 километров. Однако они все равно остаются довольно крупными объектами по сравнению с теми, которые были открыты позднее.

Кассини также занимался определением параллакса Марса и в результате этого получил более точные расстояния до этой планеты и других тел Солнечной системы.

Как бы то ни было, все это было теми деталями, которые должны были увеличить сокровищницу человеческих знаний в результате использования телескопа. Однако теперь к ней добавилось нечто совершенно новое и удивительное: это сделал гений человека, который родился в Рождество того же года, в котором умер Галилео Галилей. Человеком этим был Исаак Ньютон.

Глава 6

ЧТО УДЕРЖИВАЕТ МИРЫ НА МЕСТЕ

ПОЧЕМУ ЛУНА НЕ ПАДАЕТ?

Дело было в 1666 г., когда Исааку Ньютону было двадцать три года. Он учился в Кембридже, но в районе Лондона началась ужасная чума, так что Ньютон жил в доме матери, в сельской местности. Сидя на крыльце и задумчиво глядя в сад, он увидел, как с ветки дерева сорвалось яблоко и полетело на землю.

В этом не было ничего странного. Всем было известно, что предметы падают на землю. Аристотель даже утверждал, что это свойственно земным вещам: они стараются оказаться как можно ближе к центру Земли.

Но тогда взгляд Ньютона скользнул к небесам, где сиял бледный полумесяц, почти терявшийся в свете солнца. Почему же Луна не падает?

Аристотель ответил бы на это утверждением, что Луна не земная, поэтому исходно не имеет тенденции падать. Или же он мог

бы сказать (и Птолемей или даже Коперник с ним согласились бы), что Луна закреплена на небесной сфере и не может упасть, даже если бы у нее была такая тенденция.

Однако прошло уже больше пятидесяти лет с тех пор, как Кеплер доказал, что никаких небесных сфер не существует. Тогда что же удерживает Луну наверху? Ньютон не первым задумался над этим. Галилей и Кеплер оба размышляли над тем, какие силы могут удерживать планеты на их орбитах. Ведь планеты вращались вокруг Солнца, а второй закон Кеплера показывал, что планета движется тем быстрее, чем ближе она к Солнцу. Действительно, казалось, что планеты должна удерживать какая-то сила, принадлежащая самому Солнцу, которая становится тем сильнее, чем ближе они подходят к нему.

Кеплер считал, что в Солнце сконцентрировала какая-то магнетическая сила, которая и удерживает планеты на их орбитах. Поскольку эта сила иногда является притяжением, а иногда — отталкиванием, то орбита искажается до эллипса за счет толчков в противоположные стороны. Это объяснение было не слишком убедительным, но, по крайней мере, Кеплер был на нужном пути. И вот теперь Ньютон попытался создать такую систему, которая была бы совершенно убедительной.

Если человек быстро вращает ведро с водой у себя над головой, вращение создает

силу, которая давит на воду в направлении, противоположном центру вращения. Вода прижимается к дну ведра и не выливается даже в тот момент, когда ведро переворачивается вверх дном, оказываясь у вас над головой. Сила, действующая от центра, называется центробежной.

Вращаясь вокруг Земли, Луна создает центробежную силу, которая отталкивает ее от Земли. Эта сила будет противодействовать силе притяжения Земли (той самой, которая действовала на яблоко). Совместно эти силы могут уравниваться, и Луна останется на своей орбите навечно.

Во-первых, какова сила притяжения Земли на расстоянии до Луны? (Поскольку именно сила земного притяжения дает предметам вес, то ее называют гравитацией, от латинского слова «вес».)

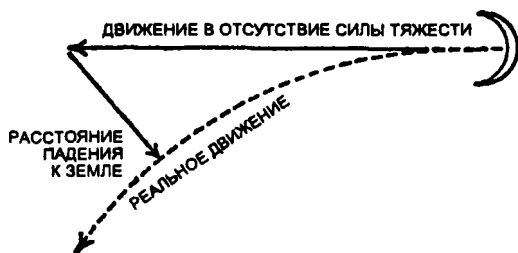
Ньютон мог получить размер силы притяжения на поверхности Земли, зная скорость, с которой предметы — такие, как яблоки, — падают на землю. Эта сила может исходить из центра Земли, поскольку, похоже, именно туда и направляется яблоко. (Если вы выкопаете яму, то яблоко упадет на ее дно и будет падать настолько глубоко, насколько вы пожелаете углубиться.)

Но что, если вы поднимете яблоко высоко в воздух, так что оно окажется намного дальше от центра Земли, чем когда находилось у ее поверхности? Если сила притяжения будет по-прежнему действовать на ябло-

ко, то, видимо, потому, что эта сила распространяется наружу от центра Земли, как надуваемый воздушный шарик.

Но поверхность увеличивающегося воздушного шарика увеличивается по мере того, как шар становится больше. Более того, поверхность увеличивается как квадрат диаметра. Если диаметр шара удвоен, то площадь увеличится в 2×2 , или в 4 раза. Если бы диаметр увеличился в 5 раз, то площадь увеличилась бы в 5×5 , или в 25 раз.

Если бы сила тяжести распространялась над поверхностью Земли, как воздушный



Падающая Луна

шар, то она распространялась бы на поверхность, которая возрастала бы как квадрат расстояния от центра Земли. При этом сила бы рассредоточивалась и становилась все более слабой.

На поверхности Земли предмет находился на определенном расстоянии от центра и сила тяжести имела определенную величину. Если бы этот предмет был поднят в космос до тех пор, пока он не окажется вдвое дальше от центра Земли, чем когда он находился на поверхности, то сила тяжести распределится по 2×2 раза большей поверхности и станет в 2×2 , или в 4 раза слабее. Или, если вы предпочитаете, она будет в $1/4$ раза сильнее, чем на поверхности. Если бы предмет был поднят на расстояние, в 10 раз превышающее расстояние от центра Земли до ее поверхности, то сила тяжести уменьшилась бы до $1/100$ первоначальной силы.

Для расстояний до центра Земли и от центра Земли до Луны Ньютон использовал самые точные цифры, которые были на тот момент доступны. И теперь он смог рассчитать, какой будет сила земного притяжения вблизи Луны.

Затем он вычислил, насколько быстро Луна должна была бы двигаться на орбите, чтобы уравновесить силу притяжения Земли. Однако его цифры показали, что Луне пришлось бы двигаться быстрее, чем она двигалась на самом деле.

В чем была ошибка? Ньютон усомнился в том, что он был прав, предположив, что Земля притягивает предметы только к своему центру. В конце концов, различные части Земли могли притягивать Луну в чуть разных направлениях. Ньютон не знал, как именно можно было бы учесть такую возможность, и потому отказался от этой мысли.

НОВЫЙ ТЕЛЕСКОП

Однако слава Ньютона быстро росла. Его первое важное открытие в области физики было сделано тогда, когда он позволил лучу солнечного света попасть в затемненное помещение, пройти сквозь треугольный кусок стекла, называемый призмой, и упасть на белый экран. Когда это было сделано, то оказалось, что при прохождении через призму траектория луча искривилась, и на экране появилась не белая точка. Вместо этого там возникла линия с привычной радугой: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый. Поскольку цвета как призраки появлялись из света, казавшегося бесцветным, то радужную линию называли «спектр» от латинского слова, означающего «призрак».

Если один из этих цветов пропускать через еще одну призму, то луч снова отклонялся от прямой линии, но дальнейшего

расщепления цветов не происходило. А если всей радуге позволено было попасть на перевернутую призму, которая снова искривляла свет, соединяя его, то снова образовывалась белая точка. Таким образом, Ньютон первым показал, что белый свет можно разложить на много цветов, которые затем снова можно составить в белый свет.

Ньютон использовал свои открытия в области света для усовершенствования телескопа. Тип телескопа, изобретенный Галилеем, позволял свету проходить через линзу, которая загибала его к точке, называемой фокусом. Чем больше света можно было собрать и загнать к фокусу, тем большее увеличение давал телескоп. Количество собранного света зависело от ширины линзы. Чем шире была линза, тем толще ее приходилось делать. Однако когда свет проходил сквозь все более толстое стекло, некоторая часть драгоценного света поглощалась стеклом, а это приводило к ухудшению изображения.

Было и более серьезное возражение. Свет, проходивший сквозь линзу, изгибался, искривлялся или, если использовать правильный термин, преломлялся. Телескопы такого типа назывались рефракторными (от латинского слова, означающего «поворачивать назад»). Свет, проходивший через такие линзы, как и свет, проходивший через призму Ньютона, отчасти разбивался на отдельные цвета. В результате этого небес-

ные тела, видимые в телескоп, были окружены узкими ореолами цвета, и это тоже мешало их видеть.

Это появление цвета называлось «хроматической аберрацией» (эти латинские слова можно перевести как «цвета разбредаются»). Астрономам, работавшим после Галилея, приходилось создавать очень длинные и неуклюжие телескопы, пытаясь получить большое увеличение с как можно меньшей хроматической аберрацией.

Теория Ньютона относительно преломления света оказалась ошибочной (даже гении не безупречны), так что он считал невозможным создание таких линз, которые не давали бы хроматической аберрации. Поэтому он решил создать телескоп, в котором вместо изогнутых линз использовались бы изогнутые зеркала. Такие телескопы, собиравшие и фокусировавшие свет за счет отражения, а не преломления, назывались телескопами-рефлекторами.

Рефлекторы давали несколько преимуществ по сравнению с рефракторами. Во-первых, тщательно полировать нужно было только отражающую поверхность зеркала, а в линзе тщательной полировке подвергались обе ее поверхности. Это давало возможность создавать зеркала, которые были больше линз. Во-вторых, свет не проходил сквозь стекло зеркала, а отражался от слоя металла на его поверхности, так что свет не терялся за счет поглощения, как в рефракто-

рах. В-третьих, в телескопах-рефлекторах не было хроматической аберрации. В-четвертых, они могли быть более короткими и менее неуклюжими, чем рефракторные телескопы с тем же увеличением.

Ньютон придумал и создал первый телескоп-рефлектор в 1668 г. Он был чуть больше фута в длину, но давал увеличение в 35 раз, став предшественником большинства крупных телескопов современности, включая огромный 200-дюймовый (5 метров) телескоп-рефлектор в обсерватории Маунт-Паломар в Калифорнии.

Все это настолько прославило молодого Ньютона, что в 1670 г. он стал профессором математики в Кембридже и читал лекции по поведению света.

В 1758 г., через тридцать один год после смерти Ньютона, английский оптик Джон Доллонд доказал полную ошибочность его теоретических доводов, доказывавших, что в линзах невозможно избежать хроматической аберрации. Он создал линзы с использованием двух различных видов стекла двух разных форм. Каждый вид стекла по-своему разбивал белый свет на цвета радуги. Два эффекта нейтрализовали друг друга, так что при их соединении хроматическая аберрация отсутствовала.

Такие линзы называются ахроматическими (от греческого слова, обозначающего «бесцветный»). Теперь такие линзы стало возможно использовать для создания круп-

ных рефракторов. Самый крупный телескоп-рефрактор наших дней с линзой в 102 сантиметра стоит в Йерксской обсерватории в Висконсине.

Тем не менее, хотя теория Ньютона оказалась ошибочной, мы можем этому только радоваться, поскольку эта ошибка привела его к столь полезному открытию.

Радуге Ньютона суждено было оказать еще одно очень важное воздействие на астрономию. В 1814 г. немецкий оптик Йозеф фон Фраунгофер сообщил, что при определенном положении призмы солнечный спектр пересекают многочисленные темные линии (видимо, Ньютон их просто не заметил). В честь того, кто их открыл, эти линии называют Фраунгоферовыми линиями.

Позднее астрономы и физики, изучавшие эти линии, обнаружили, что каждую образует один определенный элемент, и никакой другой, хотя один элемент мог образовывать много различных линий. Элемент — это один из сотни с небольшим основных типов материи, из которых состоит вся Вселенная. Прибор, называемый спектроскопом («наблюдателем за спектрами»), был создан для определения точного положения этих линий.

Поскольку эти линии были, так сказать, следами элементов, спектроскопы можно было использовать для анализа минералов. Их можно было использовать (и использовали) для обнаружения ряда новых элементов, которых прежде не знали.

И что важнее всего, спектроскоп стал одним из наиболее важных инструментов астронома. С его помощью стало возможно определить, какие именно элементы присутствуют в Солнце и в далеких звездах, узнать, является ли звезда по-настоящему двойной, приближается ли она к нам или удаляется от нас, какие магнитные процессы идут на ее поверхности.

Однако эта книга посвящена главным образом Солнечной системе, а не звездам, так что я больше не стану говорить о спектроскопе. Тем не менее интересно, сколь многое произошло из радуги Ньютона!

Если бы даже Ньютон больше ничего не сделал, он был бы находкой для астрономии, а ведь ему принадлежит еще очень много открытий!

ПОЧЕМУ ЛУНА НЕ ПАДАЕТ

Например, еще до того, как были сделаны открытия относительно света, Ньютон проявил себя блестящим математиком. В 1665 г. он разработал то, что называется теорией биномов, которая помогает изучать свойства определенных алгебраических выражений.

Еще более важным было создание нового раздела математики, который он начал создавать начиная с 1666 г. и который называл «флюксиями»; он сейчас носит назва-

ние дифференциального и интегрального исчисления. С его помощью стало возможно анализировать величины, которые постоянно менялись. Дифференциальное и интегральное исчисление стало гораздо более мощным инструментом анализа движения небесных тел, нежели греческая геометрия. Современные физики и астрономы были бы без него беспомощны.

Сам Ньютон стал использовать свое исчисление для того, чтобы решить ту задачу, которая один раз уже поставила его в тупик, — что и привело его к самому важному открытию. Это произошло так.

Ньютон был членом лондонского Королевского общества по развитию научных знаний, которое обычно называют просто Королевским обществом. Оно было официально учреждено в 1660 г. хартией Карла II (отсюда и название), хотя в течение многих лет и до того шли неформальные собрания.

Еще одним членом этого общества был Роберт Гук, склочный человек, который постоянно заявлял, что придумал нечто раньше, чем это сделал кто-то еще. Он не был полным мошенником, а был по-настоящему талантлив и иногда действительно придумывал что-то первым.

Ньютон хоть и не был таким громким, но тоже был неуживчив. И кроме того, его раздражала манера Гука вечно всех критиковать, так что они с Гуком постоянно ругались.

В 1684 г. Гук вместе с другими членами общества заявил, что сумел понять природу сил, управляющих движением небесных тел. Его подробно расспросили, но ответы не удовлетворили остальных. А в то время была обещана премия тому, кто сможет решить эту задачу.

Среди членов общества, выслушавших Гука, был Эдмунд Галлей, преданный друг и почитатель Ньютона. Он бросился к Ньютону с этой новостью. Галлей спросил Ньютона, как, по его мнению, двигались бы планеты, если бы между телами существовали силы притяжения, которые уменьшались бы как квадрат расстояния.

Ньютон тут же ответил:

- По эллиптическим орбитам.
- Но откуда ты это знаешь?
- Так я это вычислил.

И Ньютон рассказал своему другу историю об озарении, которое пришло к нему восемнадцатью годами раньше, и о том, как его теория почти подтвердилась — но не совсем.

Галлей чрезвычайно взволновался и попросил Ньютона сделать еще одну попытку. Ньютон это сделал. Возможно, им двигало желание разозлить Гука. Если это так, то склонность Гука оказала миру огромную услугу.

Теперь в пользу Ньютона работало два фактора, которых не было в 1666 г. Сейчас у него появилось исчисление. С его помо-

щью Ньютон доказал, что при определенных условиях (которым удовлетворяли небесные тела) сила притяжения от различных участков небесного тела соединялась таким образом, что эта сила действовала так, словно была сконцентрирована в центре этого тела. Тем самым была устранена одна из основных неопределенностей, смущавших Ньютона.

Во-вторых, с 1666 г. были проведены новые и более точные вычисления размера Земли. Для расчетов Ньютону необходимо было знать расстояние от поверхности Земли до ее центра, и в 1666 г. он воспользовался неправильным его значением. Теперь же у него было гораздо более точное число.

На этот раз теория Ньютона полностью соответствовала фактам. В последний момент, когда уже казалось, что все может получиться, ему пришлось прерваться и дать себе время успокоиться — иначе он не смел продолжать.

Но все сошлось. Земля держала Луну с помощью той же самой силы, которая заставляла яблоко падать на землю. Более того — как только это удалось установить, легко можно было показать, что сила Солнца удерживает на орбитах планеты.

Однако это касалось не только планет. За сорок лет до этого, в 1643 г., французский астроном Жиль Персонье Роберваль предположил, что каждое тело во Вселенной притягивает все остальные. Однако он не вы-

двигал предположений относительно того, насколько большой может оказаться такая сила или как она может изменяться. Теперь Ньютон смог это сделать.

Он пришел к выводу, что каждое тело во Вселенной притягивает все остальные тела с силой, которая усиливается в соответствии с количеством материи, содержащимся в одном из тел, помноженном на количество материи в другом. А еще она уменьшалась пропорционально квадрату расстояния между этими телами. Поскольку Ньютон утверждал, что это применимо к каждому телу во Вселенной, то это правило сейчас называют законом всемирного тяготения.

В 1687 г. Ньютон изложил свою теорию в гениальной книге, называемой «*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*» («Математические начала натуральной философии», причем «натуральная философия» — это старый термин для обозначения того, что мы называем естественными науками). Кратко эта книга называется «Начала».

В этой книге Ньютон также сформулировал три закона движения. Они таковы:

1. Тело, находящееся в покое или в движении, будет оставаться в покое или двигаться с постоянной скоростью по прямой линии, если на него не будет действовать какая-то внешняя сила.

2. Изменение движения тела в результате воздействия какой-либо силы увеличива-

ется с увеличением величины силы и уменьшается с увеличением массы тела.

3. Каждому действию соответствует равное и противоположно направленное противодействие.

И СТАЛ СВЕТ

А теперь посмотрим, что это означало для астрономии. Математика гравитации дала единое объяснение всем фактам, которые были открыты касательно движения небесных тел.

Например, поскольку Солнце во много раз больше, чем все остальные тела Солнечной системы, оно имеет самую большую силу притяжения. Вот почему тела вращаются вокруг него, а не вокруг Земли. Луна меньше Земли (ее масса составляет всего $\frac{1}{80}$ массы Земли) и находится близко от нее, так что сила притяжения Земли в ее районе была сильной, поэтому Луна вращается вокруг нас.

Математику гравитации можно было использовать для того, чтобы показать, что планеты могут двигаться вокруг Солнца только по определенным кривым, называемым коническими сечениями, причем Солнце будет находиться в одном из фокусов. На самом деле Ньютон показал, что все три закона Кеплера совершенно логично выводятся в том случае, если принята математика гравитации.

Удалось объяснить даже некоторые мелочи, которые прежде были непонятными. Земная ось медленно смещалась по кругу, причем один оборот занимал 26 000 лет. Ньютон показал, что это было вызвано действием притяжения Луны на экваториальные области Земли (которые выступают примерно на 45 километров в связи с центробежной силой, порожденной вращением Земли вокруг своей оси). Кроме того, морские приливы вызывались силой притяжения Луны.

Ньютоновские законы движения также были полезны. Его первый закон позволял объяснить, что именно заставляет планеты находиться в движении. На Земле мы привыкли к тому, что любой движущийся предмет замедляется и останавливается, если какая-то сила не заставляет его продолжить движение. Естественно, людям казалось, что это относится и к небесным телам. До Ньютона часто считалось, что боги или ангелы отвечают за планеты и заставляют их двигаться.

Ньютон указал на то, что на Земле движущиеся предметы останавливаются из-за сопротивления воздуха или трения. В космосе нет сопротивления воздуха и трения. Ньютон утверждал, что, следовательно, небесные тела продолжают двигаться не потому, что их заставляют двигаться какие-то силы, а потому что нет сил, которые бы их остановили.

Однако у Ньютона были другие проблемы. Когда были написаны «Начала», Гук поднимал страшный крик, заявляя, что он первым придумал понятие гравитации. Королевское общество, которое намеревалось издать эту книгу, имело мало денег и не спешило ввязываться в спор Гука и Ньютона.

К счастью, друг Ньютона Галлей был человеком зажиточным и опубликовал книгу за свой счет. Однако в 1692 г., после особенно тяжелой схватки с Гуком, у Ньютона произошел нервный срыв, и ему пришлось провести два года в уединении.

До конца он так и не оправился, однако уже сыграл свою роль. Закон всемирного тяготения объяснил строение Солнечной системы так доступно, что по сравнению с ней все теории и воззрения древних греков на Вселенную стали казаться нелепо сложными приспособлениями.

Теории Ньютона не встретили таких трудностей, как теории Коперника. Ньютона признали сразу же.

По правде говоря, современники очень бурно восхищались Ньютоном. В 1703 г. его избрали президентом Королевского общества и переизбирали каждый год до самой смерти в 1727 г. Исаака Ньютона похоронили в Вестминстерском аббатстве рядом с героями Англии. В то время в Англии находился французский писатель Вольтер, который пришел в восхищение от того, что эта

Глава 7

НОВАЯ ПЛАНЕТА

ВОЗВРАЩЕНИЕ КОМЕТЫ

Точно так же, как телескоп привел к новым открытиям после Галилея, так и гравитация дала новые открытия после Ньютона. За Ньютоном пришли новые математики, которые расширили его систему и показали, как можно объяснить различные движения небесных тел, которые не объяснил сам Ньютон.

Например, перигей (ближайшее положение по отношению к Земле) и апогей (самое далекое положение по отношению к Земле) Луны не находятся в одной и той же точке пространства. С каждым оборотом они чуть смещаются и делают полный оборот вокруг Земли, возвращаясь к своему начальному положению чуть меньше чем за девять лет.

В 1749 г. швейцарский математик Леонард Эйлер разработал уравнение, которое объясняло это движение за счет сил притяжения.

Стало возможным обнаруживать даже очень слабые эффекты, которые давали весь-

ма интересную информацию. В 1757 г. французский математик Алекси Клод Клеро вычислил количество вещества Луны и Венеры по нарушениям, которые их гравитация вызвала в движении Земли. Таким образом, закон Ньютона использовался постоянно и с успехом. Астрономы были полностью удовлетворены его применением.

А потом, в 1758 г., закон Ньютона показал свою полезность так, что это убедило не только астрономов, но и простых людей по всему миру. Это было связано с проблемой комет.

Кометы в Солнечной системе по-прежнему приносили неприятности. Работы Коперника и Кеплера их во внимание не брали. В 1680 г. Джон Флэмстид, первый королевский астроном Британии, попытался рассчитать их движение в соответствии с теорией Кеплера о том, что Солнце притягивает планеты за счет магнетизма, но это у него плохо получилось. Несмотря на все усилия, планеты по-прежнему появлялись и исчезали непредсказуемо — и по-прежнему пугали людей. Даже великий Галилей не мог объяснить причину их правления и решил, что они, по-видимому, являются оптической иллюзией.

А что, если применить к этим беспокойным кометам закон всемирного тяготения?

Ньютон сделал такую попытку — и в этом ему помогал Эдмунд Галлей, тот самый его друг, который убедил его вернуть-

ся к проблеме гравитации и финансировал публикацию его книги.

Галлей был на тринадцать лет моложе Ньютона. В возрасте двадцати лет он уже ездил на остров Святой Елены в Южной Атлантике, чтобы наблюдать и определять местоположение таких звезд, которые не видно в Северном полушарии. Вернувшись в Англию, он подружился с Ньютоном.

В 1682 г. в небе вспыхнула яркая комета, и Ньютон с Галлеем изучали ее движение. Позже Ньютон попытался применить к ней уравнения тяготения, но смог только сказать, что она должна двигаться по эллипсу с очень высоким эксцентриситетом. Эксцентриситет у этого эллипса был настолько велик, что афелий (точка орбиты, наиболее удаленная от Солнца) казался бесконечно далеким.

Такую кривую можно рассматривать как параболу. Парабола начинается так же, как эллипс, но обе ее ветви продолжают бесконечно разъединяться, так никогда и не поворачивая навстречу друг другу. Парабола также является коническим сечением и, следовательно, небесные тела могли иметь орбиты параболической формы. Однако если орбита кометы — это парабола, то это означает, что комета входит в Солнечную систему по одной ее ветви, а потом уходит по второй. Она появится всего один раз и больше не вернется. И действительно, в 1665 г. итальянский астроном Джованни Альфонсо

Борелли предположил, что кометы следуют именно по таким орбитам.

В 1704 г. Ньютон и Галлей начали собирать сообщения о других кометах, наблюдавшихся в прошлом. Им хотелось посмотреть, нельзя ли по этим записям вычислить параболические орбиты для каждой из них. Астрономы изучили двадцать четыре различных сообщения о кометах.

Когда они этим занимались, Галлей обратил внимание на одну странность. Существовало две кометы, орбиты которых были почти такими же, как та, которую они с Ньютоном рассчитали для кометы 1682 г. Эти другие кометы появлялись в 1531-м и 1607 гг. Между 1531-м и 1607 гг. промежуток составлял 76 лет, а между 1607-м и 1682-м — 75 лет. Он стал смотреть дальше и обнаружил записи о комете в 1456 г., за 75 лет до 1531 г.

Не могла ли это быть одна и та же комета, возвращавшаяся каждые 75 лет? Предположим, у кометы 1682 г. орбита все-таки не параболическая, а очень вытянутая эллиптическая. Чтобы время оборота кометы составило 75 лет, дальний конец эллипса должен был отстоять от Солнца в три раза больше, чем Сатурн.

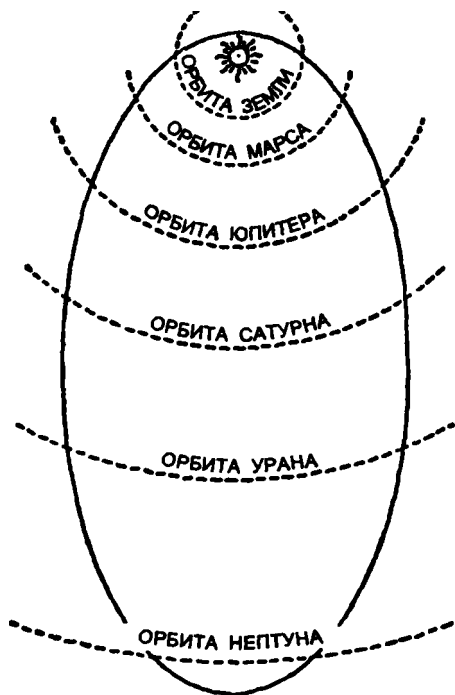
Однако Галлей был уверен в том, что сам по себе факт столь большого расстояния нельзя считать серьезным возражением. Притяжение Солнца вполне способно простирается так далеко. Поэтому он предсказал, что комета 1682 г. снова вернется в начале 1758 г.

Он знал, что сам не сможет проверить, исполнится ли его предсказание: для этого ему нужно было бы дожить до ста двух лет. И действительно, он умер в 1742 г., в возрасте восьмидесяти пяти лет. Жизнь у него была долгая, но для него это было недостаточно.

Однако предсказание Галлея не было забыто. Другие, более молодые астрономы ждали. Клеро, французский математик, о котором я уже упомянул в начале главы, был в их числе. Наступил 1758 г. — а кометы не было. Клеро заново рассчитал ее орбиту и обнаружил, что ей пришлось бы пройти вблизи от Юпитера, так что притяжение Юпитера должно было ее задержать. Он предсказал, что она окажется вблизи от Солнца в следующем году.

Сомнения увеличивались. Отсрочки и оправдания! Никакой кометы не будет. Но вот в рождественскую ночь 1758 г. немецкий астроном-любитель Георг Палич увидел в небе комету. Шли недели — и она становилась все ярче. В начале 1759 г. она была уже высоко в небе. Комета 1682 г. вернулась! Впервые в истории удалось предсказать возвращение кометы. Эти непредсказуемые создания Солнечной системы были приручены. Они подчинялись тем же законам, что и обычные планеты.

С тех пор комету 1682 г. называют кометой Галлея, и она стала вечным памятником возможностям закона Ньютона.



Орбита кометы Галлея

После того как орбита кометы Галлея была рассчитана и правильность этого расчета доказана, ее историю удалось проследить — и найти сообщения о ней в исторических записях. В 1456 г. она привела в ужас Европу, которая и так уже была напугана наступлением турок. В 1066 г. ее видели норманны, готовившиеся к вторжению в Англию. В 451 г. в разгаре была опасность,

исходившая от Аттилы и его гуннов. В 66 г. н. э., по словам еврейского историка Иосифа Флавия, огненный меч повис над Иерусалимом как знамение его скорого разрушения. И это тоже была комета Галлея.

Комета Галлея продолжала внушать ужас даже после того, как ее движение объяснили. Она снова вернулась в 1835 г. (в год рождения Марка Твена) и в 1910 г. (в год смерти Марка Твена). И даже в 1910 г. тысячи, а возможно, и миллионы людей были убеждены в том, что близится конец мира.

Следующее появление кометы Галлея произойдет в 1986 г.¹ — и думаю, она и тогда испугает людей.

Однако далеко не у всех комет орбиты настолько вытянуты. В 1822 г. немецкий астроном Иоганн Франц Энке обнаружил, что некая тусклая комета имела орбиту, которая не доходила даже до орбиты Юпитера. Она обращалась вокруг Солнца чуть больше чем за три года. Это была первая из открытых комет с коротким периодом, и она стала известна как комета Энке.

КОМЕТА, КОТОРОЙ НЕ БЫЛО

Через четверть века после посмертного триумфа Галлея было сделано еще одно удивительное и совершенно неожиданное откры-

¹ Книга написана до 1986 г.

тие. Его автором был немец, которого звали Фридрих Вильгельм (Вильям) Гершель. В 1759 г. в возрасте двадцати одного года он переехал в Англию, чтобы стать музыкантом (его отец тоже был музыкант). Там Гершель стал дирижером военного оркестра, а потом остался в стране, чтобы стать астрономом и прославиться.

К 1770 г. его настолько заинтересовала астрономия, что он совершенно забросил музыку. Поскольку телескоп добыть было трудно, Гершель начал делать его сам. Он с сестрой отполировали тысячи зеркал и изготовили для себя такие прекрасные телескопы, каких еще ни у кого в мире не было. Их телескопы были не длинными, а широкими, чтобы улавливать как можно больше света.

Скоро Гершель уже все свое время проводил, наблюдая за небесами. Он наблюдал Миру (переменную звезду, о которой я упоминал в главе 3) и опубликовал статьи о ней и о горах на Луне, изучал пятна на Солнце и пытался понять, не оказывают ли они какого-то влияния на климат Земли. Если бы это было так, то тогда они влияли бы на сельское хозяйство, цены на зерно и благосостояние людей. Это была новая «астрология» — та, что основывалась на науке, а не на суевериях.

Гершель изучал различные планеты и обнаружил, что у Марса на полюсах есть ледяные шапки, как и на Земле. Что до его сестры, Каролины Гершель, то она со временем

тоже стала проводить собственные наблюдения и стала первой женщиной-астрономом.

Но все это на самом деле большого значения не имело. Продолжая наблюдать небеса и разглядывая все подряд, 13 марта 1781 г. Гершель обнаружил странную «звезду». Она казалась крупнее других звезд. Он воспользовался большим увеличением — и звезда стала еще крупнее. Обычные звезды так себя не ведут: они остаются простыми точками света, каким бы большим ни было увеличение. Очевидно, что Гершель нашел нечто необычное.

Он возвращался к ней каждую ночь и к 19 марта убедился в том, что она движется относительно других звезд. Из всего этого Гершель заключил сначала, что это — комета, поскольку кометы были единственными пришельцами в Солнечной системе, и объявил ее кометой в сообщении Королевскому обществу.

Однако он продолжал свои наблюдения и заметил, что его объект не «мохнатый», как комета, а имеет четкие края, как планета. И хвоста у нее тоже не было. Более того — после того как он наблюдал ее несколько месяцев и смог рассчитать ее движение, то оказалось, что эта «комета» движется по орбите, все точки которой лежат далеко за орбитой Сатурна. Ее орбита была эллипсом с очень небольшим эксцентриситетом, какой свойствен планетам, а не с большим эксцентриситетом, как у комет.

Изумленный Гершель мог сделать только один вывод. Он открыл новую планету! Не просто новый спутник известной планеты, как это сделали Галилей, Гюйгенс и Кассини. Он открыл совершенно новую планету, хотя она отстояла от Солнца вдвое дальше Сатурна, и удвоил диаметр Солнечной системы.

Гершель назвал новую планету Георгиум Сидус (звезда Георга) в честь своего покровителя, короля Англии Георга III. Однако, как и Галилею и Кассини, Гершелю не удалось польстить правителю. Английские астрономы какое-то время пользовались этим названием, но больше этого никто не делал.

Вместо этого французский астроном Жозеф де Лаланд предложил назвать планету Гершель. Английские астрономы довольно долго использовали и это название, но астрономы из других стран опять были против. В конце концов было решено взять название из греческой мифологии, чтобы название сочеталось с остальными планетами.

Поскольку планету позади Юпитера (Сатурн) называли в честь отца Юпитера, Сатурна (Крона), то германский астроном Иоганн Боде предложил назвать планету позади Сатурна в честь отца Сатурна. Так и сделали. Новая планета стала Ураном (по-гречески это имя звучало почти так же), который, по греческой мифологии, был богом небес, отцом Сатурна и дедом Юпитера.

ДАЛЬНЕЙШИЕ ПРИКЛЮЧЕНИЯ ГЕРШЕЛЯ

В каком-то смысле даже странно, что до Гершеля Уран не был признан планетой. На самом деле его даже невооруженным глазом можно видеть как тусклую звезду. Люди с хорошим зрением (или хорошими очками), которые знают, куда именно смотреть в безлунную ночь, могут без труда его увидеть.

Конечно, нельзя винить древних людей, не имевших телескопов. Все остальные планеты были по-настоящему яркими. Кто мог требовать, чтобы они пристально наблюдали за каждой тусклой звездой, проверяя, не является ли она тоже планетой.

Тем не менее до Гершеля Уран наблюдали несколько астрономов, вооруженных телескопами. Его не менее семнадцати раз помечали на звездных картах и таблицах до того, как Гершель сделал свое открытие. Гершель это обнаружил, когда стал проверять старые звездные карты — не обнаружится ли там «звезда» на том месте, где в момент составления карты должен был находиться Уран. Он нашел его в каталоге 1690 г., составленном Флэмстидом, первым королевским астрономом, о котором я упомянул в начале этой главы.

Проблема заключалась в том, что каждый из астрономов, отметив положение этой «звезды», больше на нее внимания не обращал. Он не трудился снова вернуться и про-

верить, не сдвинулась ли она. А с чего ему было это делать? И Гершель тоже не стал бы, если бы у него не были такие умелые руки, что в его прекрасном телескопе Уран стал виден не как точка, а как диск.

Открытие новой планеты произвело на людей огромное впечатление. Конечно, открытие спутников Юпитера и Сатурна тоже впечатляло. Но с другой стороны, тут речь шла о совершенно новой гигантской планете, чей диаметр в четыре раза превышал диаметр Земли. Эта планета находилась так далеко за пределами того, что в течение тысячелетий считалось границей движущихся сфер, на «восьмом небе».

Одним из интересных результатов этого открытия стала реакция одного немецкого химика, которого звали Мартин Генрих Клапрот. В 1789 г. в черноватой руде, называемой смоляной обманкой, он открыл новый химический элемент. Под впечатлением великого открытия Гершеля он назвал новый элемент ураном, в честь планеты. Мог ли он предположить, что спустя сто пятьдесят лет его элемент станет в миллион раз более известным, чем планета Гершеля?

Открытие Урана принесло Гершелю славу. Он получил медаль Королевского общества и был избран его членом, а через год после открытия его назначили на должность личного астронома Георга III. Наверное, помогло и то, что он назвал новую планету звездой Георга. Затем, в 1788 г., он женил-

ся на богатой вдове и всю оставшуюся жизнь мог посвящать наблюдению небес, не имея больше никаких проблем, ни финансовых, ни каких-то других.

Затем Гершель обнаружил новые небесные тела. В 1787 г., наблюдая Уран (наверное, он часто возвращался к своей собственной планете), он открыл у него два небольших спутника, назвав их Титанией и Обероном. Впервые небесное тело (не считая комету Галлея) получило имя, не входившее в греческую и римскую мифологию. Титания и Оберон были королевой и королем фей в английском фольклоре. Они стали самым маленькими спутниками, открытыми к тому моменту, — с диаметром примерно в 1500 километров.

В 1789 г. Гершель завершил создание самого крупного телескопа своего времени. На его строительство ушло 5 лет, он имел длину 12 метров и зеркало в 122 сантиметра. Гершеля удовлетворило только третье отполированное им зеркало. В первый же день, когда астроном стал в него смотреть, он навел его на Сатурн и открыл шестой спутник Сатурна. Спустя три недели он открыл и седьмой. Они располагались к Сатурну ближе, чем предыдущие пять, и были меньшего размера. Сейчас считается, что каждый имеет диаметр всего около 450 километров.

Гершель назвал их Мимас и Энцелад. Таким образом, он снова вернулся к греческой мифологии, поскольку это были два гиган-

та, которые вместе с Сатурном и другими титанами боролись против Юпитера.

Всю оставшуюся жизнь Гершель почти все время наблюдал двойные звезды и изучал их движение. К 1793 г. его наблюдения двойных звезд оказались достаточно длительными, чтобы он смог обнаружить, что они вращаются вокруг друг друга и их движение подчиняется закону Ньютона.

Это было потрясающей демонстрацией того, что закон всемирного тяготения действительно всемирно. Ему подчинялись не только движения планет вокруг Солнца и спутников вокруг планет, но и движение звезд вокруг друг друга. Даже на удалении многих миллиардов километров великий закон Ньютона соблюдался.

Гершель умер в 1822 г. в возрасте восьмидесяти пяти лет. Он открыл новую планету и четыре новых спутника. Более того — он положил в астрономии начало новому увлечению: охоте на планеты.

ТАБЛИЦА РАССТОЯНИЙ

Гершель успел увидеть, как это увлечение распространяется. После Галилея все вели наблюдения через телескопы. После Ньютона все рассчитывали орбиты. Теперь, после Гершеля, все искали планеты.

Более того: охотники за планетами чувствовали, что у них есть путеводитель, но-

вое правило относительно расстояния планет от Солнца. Еще со времен Кеплера астрономы пытались понять, почему планеты находятся от Солнца именно на таких расстояниях. Если смотреть от Солнца, то кажется, что планеты отстоят все дальше и дальше друг от друга.

Так, Меркурий находится от Солнца в среднем на расстоянии 58 миллионов километров, Венера — 108 миллионов километров, Земля — 150 миллионов, Марс — 228 миллионов, Юпитер — 778 миллионов и Сатурн — 1426 миллионов. Расстояния между планетами, начиная с расстояния между Меркурием и Венерой, составляли примерно 57 миллионов, 47 миллионов, 88 миллионов, 435,5 миллиона и 725,5 миллиона километров. Если не брать в расчет Меркурий (и действительно, у его орбиты эксцентриситет намного больше, чем у других, так что от него можно ожидать странностей), то расстояние между планетами стремительно росло.

Никто не знал, почему это так. Однако в 1766 г. немецкий астроном Иоганн Даниэль Тициус в связи с этими расстояниями ввел интересный прием.

Он сказал: предположим, вы записываете последовательность чисел. Начните с 0, затем возьмите 3, а потом пусть следующее число будет вдвое больше предыдущего. Эта последовательность будет выглядеть так:

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96 и так далее.

Теперь прибавьте к каждому числу последовательности 4, так чтобы она стала такой:

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100 и так далее.

Теперь предположим, что мы назовем расстояние от Земли до Солнца 10 и запишем расстояния до всех остальных планет в виде пропорции. Например, расстояние от Венеры до Солнца составляет 0,72 от расстояния Земли до Солнца. Если расстояние до Земли считается 10, то расстояние до Венеры следует взять как $0,72 \times 10$, или 7,2. То же самое можно проделать и для остальных планет.

Результаты приведены в следующей таблице:

Планета	Расстояние до Солнца, если расстояние Земли принято за 10	Число в ряде Тициуса
Меркурий	3,9	4
Венера	7,2	7
Земля	10,0	10
Марс	15,2	16
		28
Юпитер	52,0	52
Сатурн	95,4	100

Заметьте: если не считать число 28 в таблице Тициуса, расстояния планет до Солнца очень близко соответствуют его цифрам.

Когда Тициус объявил об этом, никто на это особого внимания не обратил. Однако это правило взял на вооружение более известный немецкий астроном, Боде, тот самый, который позже предложил название Уран. Он опубликовал этот ряд в 1772 г., и с тех пор это

правило получило название закона Боде. Такие несправедливости время от времени в науке происходят. (В российской астрономии несправедливости нет: его называют правилом Тициуса—Боде. — *Примеч. пер.*)

Однако это все равно не произвело особого впечатления — пока спустя несколько лет не был открыт Уран. Среднее расстояние от Солнца до Урана оказалось равным 2860 миллионам километров. Это было в 19,2 раза больше расстояния от Земли до Солнца. Следовательно, если расстояние до Земли принять за 10, то расстояние до Урана будет 192.

Если теперь вы вернетесь к моему описанию последовательности Тициуса, вы увидите, что следующей цифрой после 100 будет 196. А 196 достаточно близко к 191,8, чтобы правило Тициуса—Боде оказалось по-настоящему интересным. Теперь, когда астрономы начали охотиться за планетами, многим показалось, что это правило похоже на карту Солнечной системы, в которой указано положение неисследованной территории.

Например, как насчет того числа 28 в последовательности Тициуса? Между Марсом и Юпитером нет планеты! Или все-таки есть? В конце концов, Марс ведь меньше Земли. Возможно, за Марсом есть планета, которую не обнаружили потому, что никто не ожидал, что какая-то тусклая звезда окажется планетой.

Астрономы взялись за поиски. Началась эпоха научной охоты за планетами.

Глава 8

БОЛЕЕ НОВАЯ ПЛАНЕТА

ПРОБЕЛ В ТАБЛИЦЕ

К 1800 г. астрономия превратилась в хорошо организованную науку. Существовал целый ряд обсерваторий, множество телескопов. Дни одиночек вроде Галилея или даже Гершеля казались отошедшими в прошлое.

Вот почему поисками недостающей планеты между Марсом и Юпитером не занимался кто-то один. Двадцать четыре немецких астронома образовали нечто вроде корпорации по поиску планеты. Они устроили все с немецкой точностью, разделив небо на двадцать четыре участка: каждому члену выделили свой участок. Все необходимые приготовления были сделаны.

А пока они готовились, некий итальянский астроном из Палермо (это на Сицилии) открыл эту планету.

Этим астрономом был отец Джузеппе Пиацци, монах, который заинтересовался астрономией только в пожилом возрасте. Пра-

вительство Неаполя, которому в то время принадлежала Сицилия, финансировало строительство обсерваторий в Неаполе и в Палермо.

Пиацци особенно заинтересовался созданием новой звездной карты — наиболее точным определением положения как можно большего количества звезд. Вот почему он систематически записывал каждую звезду, которая попадала в поле обзора его телескопа.

Ночью 1 января 1801 г. — в первую ночь нового года и девятнадцатого века — он проверял положение хорошо известной звезды, которая была слишком тусклой, чтобы ее можно было различить невооруженным глазом, но оказывалась достаточно яркой, чтобы ее легко можно было наблюдать в телескоп. Эту звезду уже зарегистрировали, и Пиацци просто хотел убедиться в том, что зарегистрированное положение полностью соответствует действительности. Проверяя это, он заметил рядом с ней еще одну звезду, приблизительно такой же яркости, и записал ее координаты. Однако поскольку эта вторая звезда уже не была известной, Пиацци вернулся к ней следующей ночью, чтобы проверить ее положение и убедиться в том, что не сделал ошибки. К своему изумлению, монах обнаружил, что действительно ошибся. Положение звезды было не таким, как он записал. Он возвращался к ней снова и снова — и всякий раз ее положение менялось.

Очевидно, звезда двигалась. Как и Гершель, Пиацци поначалу решил, что открыл новую комету. И, как это было и в случае Гершеля, когда Пиацци понаблюдал за этим объектом достаточно долго, он начал подозревать, что это — планета. По скорости ее видимого движения она могла даже оказаться той планетой, которую рассчитывали найти между Марсом и Юпитером.

Однако для того, чтобы в этом убедиться, Пиацци необходимо было рассчитать орбиту новой планеты. К несчастью, к 11 февраля он заболел и не смог делать новые наблюдения. К тому времени, когда астроном поправился, новая планета оказалась слишком близко к Солнцу, чтобы ее можно было видеть.

Конечно, у Пиацци все-таки остались его наблюдения с 1 января до 11 февраля, но их было слишком мало, чтобы рассчитать орбиту. Не зная орбиты, планету придется искать снова, и невозможно предугадать, когда именно ее найдут. В конце концов, она была довольно тусклая!

К счастью, к нему на помощь пришел молодой немецкий математик Карл Фридрих Гаусс. Он разработал способ расчета орбиты всего по трем полным наблюдениям. Когда было объявлено об открытии Пиацци, он воспользовался его наблюдениями и к ноябрю предсказал, где именно снова появится планета, когда отдалится от Солнца настолько, чтобы ее снова стало видно.

1 января 1802 г., ровно через год после открытия Пиацци, Генрих В.М. Ольберс (один из членов немецкой корпорации охотников за планетами) вновь обнаружил эту планету там, где предсказал Гаусс.

Пиацци попросил, чтобы новую планету называли Церерой в честь римской богини плодородия (у греков ее имя было Деметра), и его просьбу исполнили. Церера была богиней, которую особо связывали с Сицилией.

Расстояние Цереры от Солнца на основе «Земля равна 10» оказалось равным 27,7. Это было почти число 28, которого требовало правило Тициуса — Бодде.

Тут было только одно разочарование. Церера оказалась такой тусклой! Юпитер отстоял от Земли почти вдвое дальше, чем Церера, Сатурн — в пять раз дальше, однако Юпитер и Сатурн были яркими, а вот Цереру невооруженным взглядом рассмотреть вообще было нельзя. Даже Уран, находившийся от Земли в десять раз дальше Цереры, был ярче ее.

Очевидным объяснением было то, что Церера оказалась крошечной. Выяснилось, что ее диаметр составляет всего 770 километров. Ее масса была в сто раз меньше, чем масса Луны. Если не считать двух спутников Сатурна, то Церера была самым маленьким небесным телом, открытым к этому времени.

Неужели это все, что можно было найти в промежутке между Марсом и Юпитером?

НЕ ОДНА, А ЧЕТЫРЕ

Немецкая команда, искавшая планеты, не могла поверить, что поиск окончен. Или, может быть, после таких капитальных приготовлений им просто невыносимо было ничего не делать, и они решили просматривать небеса, чтобы обнаружить там все, что удастся.

Как бы то ни было, они продолжали наблюдать — и в 1802 г. Ольберсу опять повезло. Он заново обнаружил Цереру, а теперь нашел еще одну движущуюся звезду, очень похожую на нее. Гаусс взял наблюдения Ольберса, рассчитал орбиту — и оказалось, что эта новая планета тоже вращается между Марсом и Юпитером. Ольберс назвал новую планету Палладой (одним из имен Афины, греческой богини мудрости). Однако тогда как орбита Цереры была почти круговой, орбита Паллады имела большой эксцентриситет.

Это было удивительно и, несмотря на оптимизм охотников за планетами, неожиданно. Две планеты в одной области пространства! А впереди ждали новые открытия.

В 1804 г. третью небольшую планету открыл еще один член немецкой группы, К.Л. Гардинг, — и тоже в промежутке между Марсом и Юпитером. Ольберс обратил внимание на то, что в определенной области пространства все три орбиты очень сближались. Он подумал, что там могла

расколоться довольно крупная планета, оставив после себя осколки. Он продолжал наблюдать за этой областью и в 1807 г. обнаружил четвертую маленькую планету. К этому времени уже устоялся обычай называть малые планеты именами богинь. Все крупные планеты, за исключением Венеры, были названы в честь богов. Итак, третью планету называли Юноной, по имени жены Юпитера, а четвертую — Вестой, в честь богини домашнего очага.

На этом поиски закончились. Всем казалось, что четыре планеты на том месте, где ожидалась одна, — это вполне достаточно. Четвертую обнаружили только после трех лет поисков, так что, возможно, больше там ничего и не было. Конечно, более новые планеты оказались даже меньше Цереры. Диаметр Паллады был всего 490 километров, Весты — 385 километров, а Юноны — 225 километров. Их иногда называют «большой четверкой».

Однако из этих четырех самая яркая — Веста. Бывают такие моменты, когда Веста настолько ярка, что становится даже различимой невооруженным глазом. Почему она является самой яркой, не будучи самой крупной, пока неизвестно.

Как ни малы были эти планеты, их открытие произвело фурор — почти такой же, как открытие Гершелем Урана.

В 1803 г. Клапрот, который за пятнадцать лет до этого открыл элемент уран, был

в числе тех, кто помог открыть еще один новый элемент. Его называли церием, в честь Цереры. В том же году британский химик Уильям Хайд Волластон открыл элемент, который назвал палладием, в честь Паллады. Примерно в то же время считались открытыми еще два элемента, получившие название вестий и юноний, но на самом деле это оказалось ошибкой.

Примерно в это же время английский поэт Джон Китс написал оду «На первое прочтение Гомера Чэнмена», в которую включил строки:

И наблюдателем небес себя я ощутил,
Который новую планету зрится.

Однако встал вопрос о том, как именно называть эти новые планеты в совокупности. Они как-то не вписывались в общую семью планет, а во многом вели себя очень капризно. Во-первых, их орбиты лежали очень близко друг от друга. Эти орбиты также имели более высокий эксцентриситет, чем у орбит хорошо известных планет, и были сильнее наклонены по отношению к орбите Земли. И потом, новые планеты были так необычайно малы!

Гершель, который в качестве первооткрывателя новой планеты очень интересовался этими новыми объектами, предложил не называть их планетами, выдвинув название «астероиды» (от греческого слова, означающего «звездоподобные»). Он за-

явил, что в телескоп они кажутся похожими на звезды, оставаясь из-за своего малого размера всего лишь точками света, тогда как другие планеты в телескоп видны как шары.

Пиацци был против, потому что малые планеты вовсе не были похожими на звезды. Звезды — это громадные шары пылающих газов, как и наше Солнце. Малые планеты были «планетоподобными», и их следовало называть «планетоидами». Оба названия используют и сейчас.

На самом деле малые планеты — это настоящие планеты, такие же настоящие, как и другие, а вовсе не «похожие на планеты». Так что, хотя «планетоид» и звучит лучше, чем «астероид», сейчас все больше используется термин «малые планеты».

НЕ ЧЕТЫРЕ, А ТЫСЯЧИ

Но почему малых планет должно было оказаться всего четыре? Были ли эти малые миры осколками взорвавшейся «настоящей» планеты? Некоторые предполагали, что это именно так. А если так, то почему бы не существовать гораздо большему числу осколков? Пиацци, например, утверждал, что их должно быть больше.

В 1830 г. немецкий астроном М. Хенке снова начал поиски. Они заняли пятнадцать лет, но он не сдавался и наконец в 1845 г.

нашел пятую малую планету, которую назвал Астреей, по имени греческой богини правосудия. Она была на тот момент самой маленькой — всего около 180 километров в диаметре.

После этого дела почему-то пошли быстрее. Еще три малые планеты были открыты в 1847 г., одна — в 1848 г., одна — в 1849-м, три — в 1850-м, две — в 1851-м и не меньше шести — в 1852-м. Некоторые из них имели диаметр более 150 километров. Кое-кто из астрономов начал специализироваться на поиске планетоидов. Хенке обнаружил еще один, который назвал Гебой. Английский астроном Джон Рассел Хайнд открыл четыре планетоида — Ириду, Флору, Викторию и Ирину — в конце 1840-х — начале 1850-х гг. Еще один астроном, Де Гаспари, открыл пять: Гигию, Партенопу, Эгерию, Эвномию и Психею. К 1890 г. было открыто около 300 — и к тому времени появился новый способ поиска астероидов.

Видите ли, примерно в 1830 г. один французский художник, Луи Дагер, открыл способ заставлять солнечный свет оставлять след на химических веществах. Результат назывался дагеротипом. Из него развилась современная фотография.

Постепенно этот новый метод начали применять и в астрономии. Одним из первых, кто это сделал, был итальянский астроном Анджело Сеччи, который в 1851 г. сфотог-

рафировал Солнце во время затмения. Позже он сделал фотографии Луны.

К 1866 г. астрономы собрались сфотографировать все небо.

Фотографии имеют некоторые преимущества по сравнению с обычным глазом, даже вооруженным телескопом. Во-первых, они дают постоянную запись, которую можно изучать не спеша. Во-вторых, при использовании различного освещения и различной выдержки фотография может сделать видимыми такие вещи, которые глаз в обычных условиях не видит.

Однако проблема фотографирования слабо светящихся звезд заключалась в том, что, если пленка используется достаточно долго, звезды из-за вращения Земли успевают сдвинуться настолько, что все портят. Из-за этого были придуманы способы очень равномерного поворота телескопов, который бы точно компенсировал вращение Земли.

Немецкий астроном Макс Вольф воспользовался такими медленно движущимися телескопами для того, чтобы находить малые планеты. До 1890 г. малые планеты находили, очень тщательно сверяя наблюдения, проведенные с помощью глаз. И даже когда наблюдения стали делать, сравнивая фотографии, это все равно отнимало много времени и было скучно.

Однако когда Вольф воспользовался движущимся телескопом, чтобы делать фотографии, все звезды получались на них яркими

точками. Однако любая малая планета двигалась по небу со скоростью, которая отличалась от скорости звездного фона. Поэтому она получалась на фотографиях как небольшой мазок.

В следующие сорок лет было объявлено об открытии почти двух тысяч (!) малых планет. Сам Вольф обнаружил 587, а еще один немецкий астроном, Карл Рейнмут, открыл 980. Все они были крошечными. На самом деле Церера, хоть она и сама очень невелика, больше остальных малых планет, вместе взятых, даже с учетом тех тысяч, которые все еще не найдены. По некоторым оценкам, общее число малых планет, открытых и не открытых, равно 44 000. Однако большинство из них настолько малы, что общая масса всех малых планет не может превысить одну тысячную массы Земли.

Давать названия этим планетам стало трудным делом. Богини вскоре были исчерпаны, хотя некоторых использовали уже дважды. Например, название Европа, данное 52-й малой планете, уже было использовано для одного из крупных спутников Юпитера. Еще одну из малых планет называли Сапфо, в честь поэтессы, которая жила в Древней Греции.

Затем стали использовать всевозможные другие названия. Их давали в честь астрономов. Например, 1000-я малая планета была названа Пиаццией, в честь Пиацци, от-

крывшего Цереру; 1001-я получила название Гауссия в честь Гаусса, вычислившего орбиту Цереры; 1002-я называлась Ольберией в честь Ольберса, заново обнаружившего Цереру.

Такая честь оказывалась и бизнесменам, и политикам, так что существуют малые планеты, которые называются Карнегия, Рокфеллия и Гуверия. Иногда отчаявшиеся астрономы позволяли себе шутить. Есть астероиды с названиями Лимбургия, Арника и Гейша. Студент университета Дрейка открыл планетоид и назвал его Экард («Ekard» — это слово «Drake», написанное наоборот).

Однако малые планеты — не единственные результаты усилий охотников за планетами. Через сорок лет после открытия первой малой планеты ими была одержана огромная победа. История этой победы начинается с того самого мира, с которого началась вся история с розыском планет, — то есть с Урана.

ШАЛОСТИ УРАНА

В 1820 г. французский астроном Алексис Бувар составлял новые таблицы, в которых отражалось положение Юпитера и Сатурна в различные моменты прошлого и будущего. У него не возникло проблем. Математические расчеты полностью совпадали с реаль-

ными наблюдениями, которые проводились в течение многих лет.

Бувар попытался проделать то же для новой планеты, Урана, — и тут у него начались трудности. Как астроном ни пытался рассчитать его орбиту с помощью гравитационной математики, он не мог добиться, чтобы результаты совпадали со всеми наблюдениями за положением Урана, которые проводились с 1690 г., когда планету впервые увидел и зарегистрировал Флэмстид (который, конечно, не знал, что это — действительно планета). Различие между расчетными положениями и зарегистрированными реальными было невелико. По правде говоря, это различие было настолько мало, что его невозможно было заметить без телескопа. Однако оно было достаточно большим, чтобы не давать Бувару покоя.

Бувар решил, что старые наблюдения, проводившиеся до Гершеля, могли оказаться не совсем правильными. В конце концов, старые телескопы были не слишком хорошими. Тогда он стал использовать только наблюдения Гершеля и тех, кто следовал за ним, и получил орбиту, которая совпадала с расчетной, после чего, должно быть, вздохнул с облегчением.

Однако во время наблюдений за Ураном в течение следующих нескольких лет стало ясно, что он стал немного отходить от рассчитанной орбиты. Это отклонение опять было очень маленьким, но в то же время до-

статочно большим, чтобы астрономы ужаснулись. Неужели что-то не так с ньютоновским законом всемирного тяготения — после стольких лет и такого множества побед? Неужели он как-то изменяется на том огромном расстоянии, которое отделяет Уран от Солнца?

Однако астрономы не поддались панике. Необходимо было кое-что выяснить. Видите ли, математика Ньютона работает точно только для так называемых «задач с двумя телами». Иначе говоря, если бы во Вселенной существовало всего два тела, например Земля и Солнце, то гравитационные формулы идеально описывали бы движение Земли вокруг Солнца.

Однако поскольку тел во Вселенной больше, чем два, математики Ньютона не достаточно для того, чтобы дать точное решение.

А ведь во Вселенной находится бессчетное количество тел. Как же определить планетные орбиты с помощью математики, которая способна работать только для двух тел? Ответ заключается в том, что звезды находятся настолько далеко, что их гравитационный эффект можно игнорировать. В пределах Солнечной системы (где все равно находятся тысячи тел) Солнце настолько больше всех остальных тел, вместе взятых, что его гравитация — это единственное, что необходимо учитывать с самого начала. Например, орбиту Земли можно

сначала рассчитать так, словно кроме нас существует одно только Солнце. Далее, во время бега вокруг Солнца Венера иногда оказывается впереди Земли, а иногда — позади. Когда она впереди, ее гравитационное притяжение тянет вперед и немного ускоряет Землю. Когда Венера позади, она чуть-чуть замедляет Землю. Это принимают во внимание, и расчеты земной орбиты уточняются. Затем учитывают воздействие Марса, принимают во внимание влияние Луны и так далее.

Небольшие воздействия на орбиту планеты, объясняемые гравитационным притяжением других планет, называются возмущениями или пертурбациями.

При расчетах орбиты Урана учитывалось влияние притяжения планет-гигантов, Юпитера и Сатурна. Это были единственные известные планеты, которые были достаточно велики и находились достаточно близко к Урану, чтобы заметно изменить его орбиту. Дело в том, что размер возмущений зависит от массы планеты, которая это возмущение вызывает. Возможно, цифры для размеров Юпитера и Сатурна оказались неточными.

Прусский астроном Фридрих Вильгельм Бессель был специалистом по пертурбациям, и он взялся решать эту задачу. Он разработал новые методы расчета возмущений и использовал для этого математические выражения, которые и сейчас носят название функций Бесселя.

Бессель провел новые измерения расстояний между спутниками Юпитера и Сатурна и самими планетами. По этим расстояниям и по скорости, с которой спутники вращались вокруг своих планет, он смог вычислить размер обеих планет более точно, нежели это делалось раньше.

Он воспользовался этими новыми значениями для того, чтобы рассчитать возмущения Урана, — но и это не помогло. Новые цифры не объясняли отклонения этой планеты от рассчитанной орбиты. Никакие цифры, которые он мог использовать, не давали объяснения пертурбаций.

Бессель сдался. Он высказал предположение, что где-то может находиться еще одна планета, которую не учитывают, и что ее гравитационное притяжение ответственно за этот феномен. Однако тогда он не стал развивать эту идею.

В 1834 г. астроном-любитель по имени Т.Дж. Хасси написал письмо Джорджу Эри, которого должны были вот-вот назначить королевским астрономом Англии. В письме он высказал предположение о том, что за Ураном имеется какая-то планета, и предлагал ее искать. Однако Эри энтузиазма не выразил. Такая далекая планета окажется очень тусклой, и найти ее будет трудно. Эри придерживался мысли о том, что орбиту Урана все-таки удастся выяснить, уточнив возмущения, вызванные известными планетами.

Однако Уран отклонялся все дальше и дальше, и к 1843 г. Королевское научное общество в Геттингене, в Германии, обещало премию тому, кто разгадает тайну Урана. Сам Бессель готовился снова взяться за эту проблему, возможно, для того, чтобы искать таинственную внешнюю планету, однако умер, не успев начать работу.

НЕУДАЧИ ДЖОНА АДАМСА

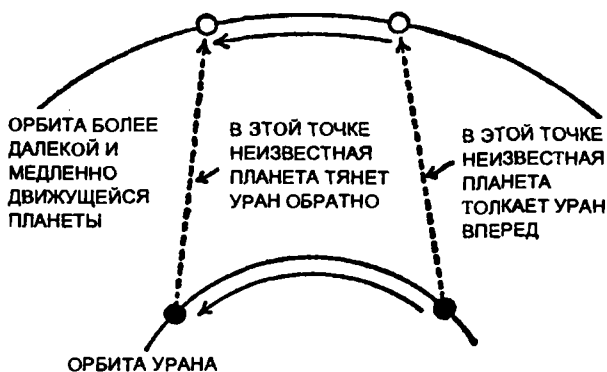
Однако кембриджский студент, которого звали Джон Кауч Адамс, решил посмотреть, что он сможет сделать с помощью бумаги и пера. Ему было чуть больше двадцати, когда он за это взялся: возможно, молодость придавала ему отваги.

Он начал с предположения, что за Ураном находится планета, расположенная на таком расстоянии, которое дает правило Тициуса — Боде. Адамс сделал предположение относительно ее размера, а затем рассчитал, где именно она должна была бы находиться для того, чтобы воздействовать на Уран так, чтобы это объяснило странности его движения. Это дало Адамсу достаточно информации, чтобы рассчитать, где планета будет находиться в этот момент.

Джон Адамс закончил свои расчеты в сентябре 1845 года и отправил копии одному кембриджскому профессору и Эри, королевскому астроному. Однако Эри, кото-

рый в этой истории был «злодеем», не стал искать планету в месте, указанном Адамсом. Во-первых, фотографирование неба к тому моменту еще не было разработано, и не существовало приемлемой карты тусклых звезд для той области небосвода, где Адамс предсказал появление новой планеты. По крайней мере, у Адамса такой карты не было, и поэтому Эри совершенно не хотелось начинать сложные поиски, которые к тому же могли оказаться безрезультатными.

Вот почему он ограничился тем, что написал Адамсу ответ, попросив пояснить некоторые моменты его вычислений. По какой-то причине Адамс не ответил ему сразу же. Возможно, он опасался обидеть человека, который считался авторитетным, и не хотел показаться чересчур напористым.



Возмущение Урана

Тем временем во Франции другой астроном, Урбэн Жан Жозеф Леверье (который был старше Адамса всего на несколько лет), работал над той же задачей. Он выполнил свою работу более аккуратно, чем Адамс, но пришел практически к тем же выводам. Леверье закончил свою работу позже Адамса, однако опубликовал ее в июле 1846 г., когда Эри все еще занимался неопубликованной работой Адамса.

Когда Эри увидел, насколько хорошо согласуются результаты Леверье и Адамса, это невольно его впечатлило. Он задал Леверье те же вопросы, что и Адамсу. Леверье тотчас на них ответил, и Эри решил, что планету все-таки следует поискать.

9 июля он попросил Джеймса Чэллиса из обсерватории Кембриджа начать поиски. Чэллис так и сделал, но безрезультатно. Позже оказалось, что в августе он на самом деле видел эту планету дважды в разные дни, но не заметил, что она изменила свое положение.

В сентябре Леверье написал Иоганну Готфриду Галле из Берлинской обсерватории и попросил его поискать в некоем месте небосвода тусклый объект, который будет виден не как точка света, а как шар. И снова Леверье повезло больше, чем Адамсу. Незадолго до этого Галле как раз получил новую карту этой области. Он посмотрел в указанное Леверье место и в первую же ночь открыл «звезду», которой на карте не было.

Она оказалась новой планетой, примерно такого же размера, что и Уран.

Таким образом, хотя работа Леверье была закончена позже расчетов Адамса, обычно честь открытия новой планеты приписывается именно Леверье. В науке существует твердое правило: слава достается не тому, кто первый сделал открытие, а тому, кто первый публикует его и рассказывает о нем миру. Это мудрое правило направлено на то, чтобы ученым не хотелось хранить свои открытия в тайне.

Однако в данном случае это правило сработало против Адамса, который не прославился из-за консерватизма Эри и отсутствия настойчивости. Однако возможно, все сложилось не так плохо, как могло бы. Адамс перенес свое разочарование с достоинством и стойкостью, чем и заслужил огромное восхищение. Потом он сделал немало превосходных работ и заслужил немало наград. И когда в 1881 г. Эри наконец ушел в отставку с поста королевского астронома после 46-летней службы, этот пост предложили Адамсу. Однако Адамс уже начал стареть и предпочел более спокойную жизнь. И Эри, и Адамс умерли в 1892 г. Эри было девяносто один год, Адамсу — семьдесят три года.

Тем временем (вернемся к нашей истории) возник вопрос о том, как назвать новую планету. Некоторые французские астрономы захотели назвать ее Леверье. Одна-

ко астрономы других стран возражали против того, чтобы планета называлась именем Леверье, точно так же как в свое время астрономы вне Англии возражали против того, чтобы планета была названа именем Гершеля. Новая планета, восьмая от Солнца, получила название Нептун, по имени римского бога морей, без всяких на то причин.

Через месяц после открытия Нептуна британский астроном Уильям Ласселл, наблюдая за ним, обнаружил спутник. Он назвал его Тритоном, в честь одного из сыновей Нептуна, задача которого заключалась в том, чтобы успокаивать море после шторма. Тритон — еще один из гигантских спутников: он больше нашей Луны.

В этой истории была одна странная погрешность. Нептун не находился на расстоянии, предсказанном правилом Тициуса — Боде. По этому правилу Нептуну соответствовало число 388, так что ему следовало бы отстоять от Солнца примерно на 6300 миллионов километров. На самом же деле он находится от Солнца всего в 4500 миллионах километров.

Ни одно другое астрономическое открытие в истории — ни до того, ни после — не произвело такого фурора, как открытие Нептуна. Мир был изумлен.

Представьте себе: новая гигантская планета найдена просто потому, что заметили крошечные отклонения в движении другой планеты, причем обе находились на

расстоянии более полутора миллиардов километров от Земли! Математик садится за стол, делает расчеты и говорит: «Посмотрите в такую-то точку — и найдете планету». И какой-то астроном смотрит туда — и находит ее.

Это было одной из самых впечатляющих побед человеческого разума.

Глава 9

ЗАВЕРШЕНИЕ СИСТЕМЫ

МАЛЕНЬКИЕ ЛУНЫ

После того как были открыты Нептун и его спутник Тритон, Солнечная система приобрела почти такой вид, какой нам известен сегодня. Время великих основополагающих открытий закончилось. Однако это не означало, что интересной работы не осталось в плане выяснения деталей.

Например, своего открытия еще ожидали некоторые спутники. Ласселл, открывший в 1846 г. Тритон, в 1851 г. открыл у Урана третью луну, а в 1852 г. — четвертую. Они находились от Урана на более близком расстоянии, чем те два спутника, которые открыл Гершель. Ласселл продолжил традицию Гершеля. Гершель назвал две своих луны по именам фей или эльфов, Ласселл поступил так же. Спутник, ближайший к Урану, получил имя Ариэль в честь веселого духа из «Бури» Шекспира, а второго он назвал Умбриэль, по имени печального духа из поэмы Попа «Похищение локона». Диа-

метр обоих был всего около 1400 километров.

Еще раньше, в 1848 г., американским астрономом Дж.П. Бондом был открыт восьмой спутник Сатурна, который получил от него название Гиперион. Затем в 1898 г. еще один американский астроном, Эдуард Пикеринг, открыл девятый спутник, названный им Фебом. Оба названия даны по именам титанов, которые в греческой мифологии были связаны с Сатурном (Кроном). Оба новых спутника имели в диаметре всего около 350 километров.

Юпитер тоже наконец получил кое-какие добавки. Самыми первыми спутниками, обнаруженными с помощью телескопа, были, конечно, четыре крупных спутника Юпитера: Галилей открыл их в 1610 г. Прошло почти триста лет. Спутники были обнаружены у Сатурна и даже у планет, о которых Галилей не знал, — таких, как Уран и Нептун. А вот у Юпитера нового спутника не находили.

И вот в сентябре 1892 г. еще один американский астроном, Эдуард Эмерсон Барнард (после 1850 г. американцы приобретают вес!), обнаружил у Юпитера новый спутник, гораздо меньше, чем Галилеевы луны. Он имел диаметр не больше 180 километров и располагался ближе всех от Юпитера, вращаясь вокруг планеты-гиганта на высоте всего 150 000 километров над его поверхностью (какой оттуда должен открываться вид!).

Этот новый спутник часто называют спутником Барнарда в честь того, кто его открыл (единственный спутник, получивший такое название), а чаще — Юпитером V, потому что это пятый по порядку открытия спутник Юпитера. Позже он получил название Амальтея в честь нимфы, которая в греческом мифе выкармливала Юпитера (Зевса), когда тот был младенцем.

Между 1904-м и 1914 гг. были открыты еще четыре крошечных спутника Юпитера. Все они имеют диаметр 120 километров или меньше, и все вращаются вокруг планеты гораздо дальше, чем остальные. Самая далекая из Галилеевых лун находится от Юпитера на расстоянии всего около 1,8 миллиона километров. Из вновь открытых спутников два находятся на расстоянии в 11 500 000 километров, а еще два — 23 500 000 километров. Ни один из них не получил общепринятого названия; их просто пронумеровали как Юпитер VI, VII, VIII и IX в порядке открытия. Юпитер VI и VII были открыты американским астрономом Чарльзом Диллоном Перрином в 1904-м и 1905 гг.; Юпитер VIII открыл Филибер Жак Мелотт в 1908 г., а Юпитер IX — в 1914 г. американским астрономом Сетом Б. Никольсоном.

В последние годы были обнаружены еще три крошечных спутника Юпитера. Они тоже очень маленькие и очень далекие. Один находится на удалении 11,5 миллиона

километров, а два — 23,5 миллиона километров. Их называют Юпитер X, XI и XII. Все они были открыты Никольсоном: первые два в 1938 г., а последний — в 1951 г. (спутники Юпитера — единственные получающие римские цифры вместо названий).

В 1948 г. американский астроном Джерард П. Койпер открыл пятый спутник Урана. Этот спутник ближе всех к Урану и меньше остальных (всего 150 километров в диаметре). Койпер назвал его Мирандой по имени героини «Бури» Шекспира, той же пьесы, из которой Ласселл взял название Ариэль для еще одного спутника Урана.

И в 1950 г. Койпер также открыл второй спутник Нептуна. Он назвал его Нереида: это слово в греческой мифологии относилось к морским нимфам, дочерям Нептуна. Орбита Нереиды имеет самую большую элонгацию среди спутников: она приближается к Нептуну до 1,5 миллиона километров и удаляется от него на 9,6 миллиона километров.

Однако и это было не все. Самая увлекательная история о спутниках еще не рассказана.

ПОСЛЕДНИЙ ВЗГЛЯД И УДАЧНАЯ ДОГАДКА

В этой истории участвует американский астроном Асаф Холл. Начало жизни у Холла было трудное. Когда ему было тринадцать

лет, у него умер отец, и Холлу пришлось бросить школу, чтобы помогать семье. После этого он занимался самообразованием, приобретая знания как получалось — то тут, то там.

Однако Холл был твердо намерен стать астрономом и в 1857 г. (в возрасте двадцати восьми лет) отправился в Кембридж (штат Массачусетс), чтобы стать ассистентом Бонда в обсерватории Гарварда с жалованьем в три доллара в неделю (Бонд открыл Гиперион, один из спутников Сатурна).

Стремление Холла было непоколебимым. В 1863 г. он проявил себя так, что его сделали профессором астрономии Военно-морской обсерватории Соединенных Штатов в Вашингтоне. Например, в 1876 г. Холл открыл белое пятно на поверхности Сатурна и с его помощью показал, что Сатурн делает оборот вокруг своей оси за $10\frac{1}{4}$ часа. После отставки в 1895 г. он вернулся в Гарвард, на этот раз в качестве профессора астрономии.

Но его самое впечатляющее открытие было сделано тогда, когда он работал в Вашингтоне.

Хотя к 1877 г. были известны четыре спутника у Юпитера, восемь — у Сатурна, четыре — у Урана и один — у Нептуна, ни одного спутника, за исключением нашей собственной Луны, не было обнаружено ни у одной из внутренних планет. У Меркурия и Венеры спутников не было, у Земли была только Луна. У Марса тоже не было спутников.

Очевидно, что, если у какой-то из этих планет и имелись неоткрытые спутники, они должны были быть совсем крошечными, чтобы остаться незамеченными. И уж если у Земли не было открыто второго спутника, его, скорее всего, и не существовало.

Что до Меркурия и Венеры, то, когда они располагались очень близко от Земли, то находились между нами и Солнцем, так что их не было видно. А когда они становились ясно видны — в период наибольшей элонгации, — то оказывались очень далеко от нас. Следовательно, было бы крайне трудно обнаружить небольшие спутники, которые у них могли бы оказаться (до наших дней не открыто ни одного).

А вот с Марсом дело обстояло иначе. Он подходил к Земле близко — на 55 миллионов километров, — и тогда Солнце не мешало его рассматривать.

Конечно, Марс достаточно редко приближается к Земле на 55 миллионов километров. Его орбита имеет некоторый эксцентриситет, и степень приближения зависит от того, на какой части орбиты находится Марс, когда его догоняет Земля. В 1877 г. Земля должна была догнать Марс в той точке, где их орбиты максимально сближались, и Марс должен был оказаться к Земле ближе, чем в любое другое время в течение тридцати лет. Холл решил, что это время великого противостояния подходит для того,

чтобы тщательно рассмотреть всю область вокруг Марса и раз и навсегда решить вопрос о его спутниках.

Холл начал свой поиск в начале августа, на довольно большом расстоянии от Марса, и систематически продвигался по направлению к нему. К 11 августа он оказался настолько близко к Марсу, что его свечение начало мешать наблюдениям. Марс явно не имел спутников. Печально: было бы очень приятно стать открывателем нового спутника. Однако Холл принял решение и, вернувшись домой, сообщил о нем жене.

И тогда, как рассказывают, миссис Холл сказала: «Попробуй понаблюдать еще одну ночь!»

Ради миссис Холл он согласился провести наблюдения еще одну ночь. Он отправился обратно, посмотрел в телескоп — и там что-то оказалось!

К несчастью, собрались облака, и Холлу пришлось выждать еще пять дней, пока ему не представилась новая возможность продолжить наблюдения. 16 августа он снова посмотрел — и увидел спутник, а 17 августа нашел еще один. У Марса оказалась не одна луна, а две. Холл назвал их Фобос и Деймос, по именам сыновей Марса из греческих мифов. «Фобос» по-гречески значит «страх», а «деймос» — «ужас»: достойные сыновья бога войны.

Фобос и Деймос оказались двумя самыми странными спутниками во всей Солнечной си-

стеме. Во-первых, они были самыми мелкими объектами из всех, которые были к тому времени открыты. Внутренний спутник имел диаметр 18 километров, а внешний — всего 7 километров. Неудивительно, что раньше их не видели!

Во-вторых, их расстояние до планеты было меньшим, чем у всех остальных спутников системы. Внутренний спутник отстоял от поверхности Марса всего на 5400 километров, а внешний — на 21 500 километров. Они походили на две больших горы, которые оторвались от поверхности Марса и стали носиться вокруг него.

Самым странным у этих спутников было их движение. Деймос, внешний спутник, обращается вокруг Марса примерно за 30 часов, двигаясь с запада на восток. Однако сам Марс вращается вокруг своей оси с запада на восток примерно за $24\frac{1}{2}$ часа. Это значит, что Деймос почти успевает за вращением Марса. Наблюдатель с поверхности Марса увидел бы, как он встает на востоке и очень медленно движется на запад. От восхода до захода Деймоса проходит примерно 60 часов.

Еще более странно то, что Фобос, внутренний спутник, делает оборот вокруг Марса за очень короткий период: 7 часов 40 минут. В действительности он обходит вокруг Марса быстрее, чем Марс поворачивается вокруг своей оси. Фобос постоянно догоняет марсианскую поверхность, так что чело-

веку, стоящему на Фобосе, показалось бы, что Марс вращается в обратную сторону, с востока на запад. А наблюдателю на Марсе показалось бы, что в обратную сторону вращается Фобос. Он бы всходил на западе и заходил на востоке.

Ни один естественный спутник во всей Солнечной системе, известный к тому времени или открытый позже, не ведет себя так, как Фобос. Ни один из них не вращается вокруг другого тела быстрее, чем это тело вращается вокруг своей оси.

А теперь мы подходим к самой таинственной вещи, которая относится не к астроному, а писателю и книге, написанной за 150 лет до открытия Асафа Холла. В 1726 г. в Англии вышла книга, названная «Путешествия в некоторые отдаленные страны света» Лемюэля Гулливера. Оказалось, что ее написал Джонатан Свифт, и сейчас ее знают как «Путешествия Гулливера».

Возможно, вы ее читали. Если это так, то вы, наверное, помните, что она делится на четыре части. В каждой части Свифт использует выдуманные путешествия Гулливера, чтобы высмеивать английское общество. В первой и самой известной части описываются лилипуты, шестидюймовые карлики. Во второй речь идет о жителях Бробдингега, огромных великанах. В третьей рассказывалось о лапутянах, народе, интересующемся наукой. Свифт воспользовался возможностью посмеяться над учеными.

Вскользь Свифт упоминает о том, что лапутяне изобрели телескопы, которые превосходят те, которые имеются в Европе. С помощью этих отличных телескопов они открыли у Марса два спутника, которых европейцы не знают. Далее Свифт описывает орбиты и размеры этих лун, и его описания оказались поразительно близкими к тому, что затем обнаружил Холл. В частности, Свифт заявил, что внутренняя луна вращается вокруг Марса быстрее, чем сама планета, так что марсианам казалось бы, что она встает на западе и садится на востоке.

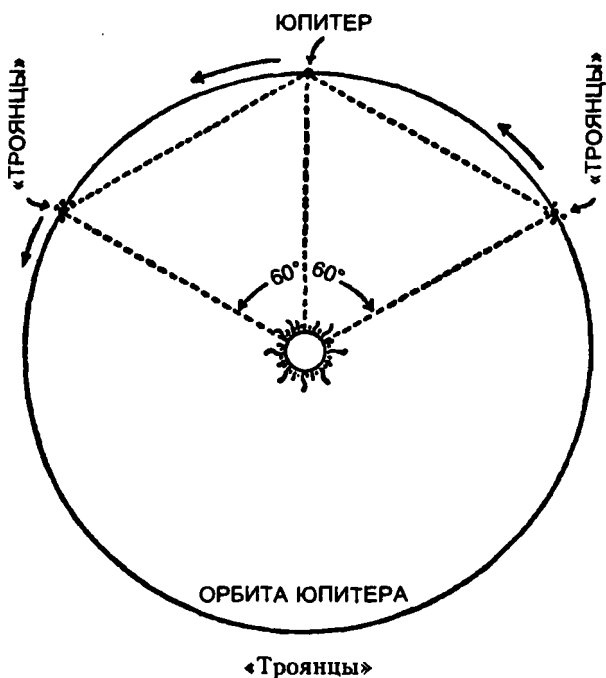
Это — поразительное совпадение. Конечно, Свифт мог рассуждать таким образом. В тот момент, когда он писал свою книгу, было известно, что у Земли есть один спутник, у Юпитера — четыре, а у Сатурна — семь. Было вполне разумно предположить, что у Сатурна есть еще одна, восьмая, луна, которая где-то прячется, и в этом случае, если бы у Марса оказалось две луны, то получился бы красивый ряд чисел. По мере движения от Солнца, начиная с Земли, число спутников для каждой планеты будет 1, 2, 4, 8. Затем, луны Марса должны были оказаться маленькими и располагаться близко от планеты, иначе даже европейцы с их «плохими» телескопами их бы уже обнаружили.

До этого момента за рассуждениями Свифта можно проследить. Однако его догадка о том, что Фобос будет всходить на западе и

заходить на востоке из-за скорости его вращения, кажется совершенно сверхъестественной. Это, несомненно, самая удачная догадка в литературе.

«ЗАДЕВАЮЩИЕ ЗЕМЛЮ»

Сейчас известен тридцать один спутник. У Земли — один, у Марса — два, у Юпитера — двенадцать, у Сатурна — девять, у Урана — пять и у Нептуна — два. Если



существует еще какие-то, то они настолько невелики, что не представляют никакого интереса. Значит ли это, что все достойные внимания тела Солнечной системы уже открыты?

Не совсем. Во-первых, остаются еще малые планеты. Как я уже сказал в главе 8, сейчас известно 1500 таких планет, но еще, возможно, остается открыть свыше 40 000. Может показаться, что открытие еще одной или двух не имеет никакого значения — и в большинстве случаев это так. Если малые планеты обычные.

Обычные малые планеты имеют орбиты, которые ограничены промежутком между Марсом и Юпитером. Их орбиты расположены в этом районе почти повсюду — за некоторыми исключениями. В 1866 г. американский астроном Даниэль Керквуд обнаружил некоторые участки, свободные от орбит планетоидов в результате гравитационных эффектов гигантского Юпитера. Эти пустые участки называются «промежутками Керквуда».

Однако есть небольшое количество планетоидов, орбиты которых находятся за пределами области Марс—Юпитер. Их орбиты уходят за Юпитер или ближе Марса. Эти малые планеты с необычными орбитами отличаются от остальных тем, что носят мужские имена.

Например, в 1906 г. Вольф (который первым начал прослеживать малые планеты

с помощью фотографии) открыл 588-ю малую планету. Оказалось, что ее орбита почти совпала с орбитой Юпитера. Это удивило Вольфа, и он назвал эту планету Ахиллесом. Однако она не могла столкнуться с Юпитером, потому что отстояла от его места на орбите более чем на 720 миллионов километров, а двигалась с такой же скоростью, что и Юпитер, так что расстояние между ними не менялось.

Если провести линию от Юпитера к Ахиллесу и обратно к Солнцу, то окажется, что образовался равносторонний треугольник, то есть треугольник, все три стороны которого равны. Это необычное положение, но за столет до этого французский математик Жозеф Луи Лагранж доказал, что такое положение будет стабильным. Иначе говоря, тела будут оставаться на вершинах равностороннего треугольника, как бы они ни перемещались.

В том же году на орбите Юпитера была открыта еще одна малая планета, а на следующий год — еще две. Некоторые из них были найдены неподалеку от Ахиллеса, некоторые — дальше, по другую сторону от Юпитера, где они образовали второй равносторонний треугольник. Сейчас их известно пятнадцать: десять в группе Ахиллеса, а пять — во второй, и всем им даны названия по именам героев Троянской войны, в соответствии с начатым Вольфом обычаем. Так, среди них есть Патрокл, Гектор, Приам, Нестор, Диомед и Агамемнон. Это

довольно крупные малые планеты, некоторые из них имеют диаметр до 300 километров, но они находятся настолько далеко, что их трудно наблюдать. Вся группа в целом известна как «троянцы». У них сложные орбиты, и троянская планета может отклоняться от своего должного места до 180 000 000 километров.

Малая планета, еще более удаленная, чем троянские, — это Гидальго. Эту планету обнаружил американский астроном Уолтер Бааде в 1920 г. В перигелии он оказывается почти на уровне Марса, а в афелии доходит до орбиты Сатурна. Больше ни одна малая планета не уходит так далеко от Солнца. Ее период обращения составляет 14 лет.

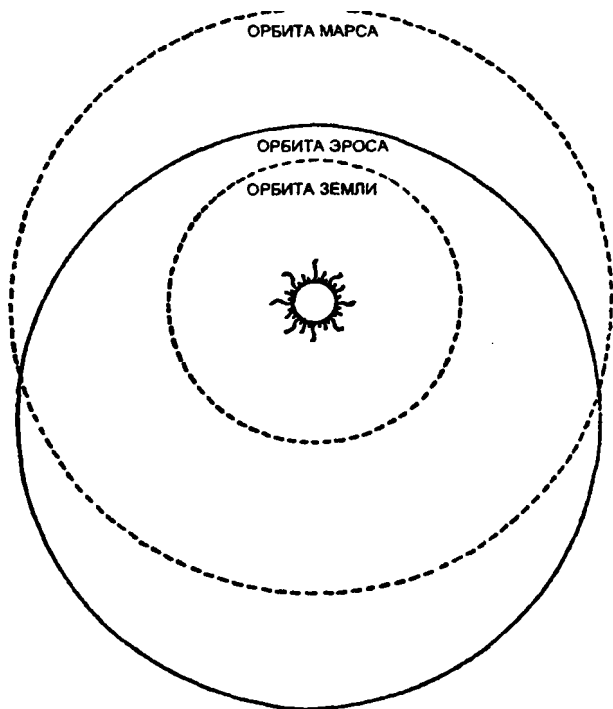
Гидальго также необычен тем, что имеет самую наклонную орбиту в Солнечной системе — если не считать нескольких комет. Если бы вы смогли нарисовать схему всех орбит Солнечной системы в трех измерениях и посмотреть на нее сбоку, то вы бы увидели, что они все будут лежать плоско или почти плоско, как блины. То, насколько орбита наклонена по отношению к этому блину, называется наклоном. Из старых и хорошо исследованных планет самый большой наклон имеет Меркурий — но и у него он невелик.

А есть ли малые планеты, которые находятся необычно близко к Солнцу? Ответом будет «да». В 1898 г. немецкий астроном Карл Г. Витт открыл малую планету но-

мер 433. Когда рассчитали ее орбиту, то оказалось, что, хотя ее афелий лежит за пределами орбиты Марса, в перигелии она приближается к орбите Земли. Сильное приближение к Солнцу делает период обращения равным всего $1\frac{3}{4}$ года, что для планетоида немного. Планетоиды «большой четверки» имеют периоды обращения от $3\frac{3}{4}$ до $4\frac{3}{4}$ года.

Новой малой планете дали название Эрос (который также известен как Купидон), и это положило начало моде на мужские имена для странных малых планет.

Эрос может приближаться к Земле до 22,5 миллиона километров. Это половина расстояния, на которое приближается к Земле Венера, ближайшая к нам планета. Такое большое сближение оказалось очень полезным. Когда Эрос подходит близко, у него появляется большой параллакс, который можно измерить легко и точно. Это дает нам расстояние. Сравнивая его положение с положением Марса и Венеры, можно с помощью тригонометрических уравнений вычислить точное расстояние до Солнца и, в конечном счете, до всех остальных объектов Солнечной системы. В 1890 г. шотландский астроном Дэвид Джилл попытался применить тригонометрию к обычным планетоидам, но теперь, когда был обнаружен действительно близкий планетоид, можно рассчитывать на более точные результаты.



Орбита Эроса

В 1931 г. Эрос приблизился к Земле до 30 миллионов километров. Была разработана обширная и подробная программа. Четырнадцать обсерваторий из девяти стран приняли в ней участие. Проект занял семь месяцев, и было сделано почти три тысячи фотографий. На каждой из них определили положение Эроса. И затем, после десяти-

ти лет вычислений, была получена величина расстояния между Землей и Солнцем — гораздо более точная, чем те, что имелись раньше.

Эрос необычен еще и тем, что является единственным небесным телом, про которое известно, что оно несферическое. Это сначала подозревали из-за того, что он неожиданно менял яркость, из-за чего порой казалось, будто на него смотрят вдоль (так что он отражает много света), а иногда — поперек (и тогда он отражает мало света). Эту несферическую форму удалось увидеть при его сближении с Землей в 1931 г. Оказалось, что формой Эрос немного похож на кирпич и имеет длину около 25 километров, а ширину и толщину — около 9 километров. Он вращается вокруг короткой оси, делая один оборот за $5\frac{1}{4}$ часа.

Как это ни странно, в тот момент, когда Эрос находился на вершине славы, он начал терять свое положение ближайшего соседа Земли. Был открыт целый ряд крошечных малых планет, которые подходят к Земле ближе, чем Эрос.

Например, существует Амур, который подходит к Земле на 18 миллионов километров, Аполлон — 13 миллионов километров, и Адонис — около 3 миллионов километров.

Однако самым удивительным из них является Гермес, который немецкий астроном Карл Рейнмут (открывший также и Аполлон) обнаружил на расстоянии всего 700 000 кило-

метров от Земли. Расчеты орбиты Гермеса показали, что временами он может приближаться к Земле до 350 000 километров. Тогда он окажется к нам ближе, чем наша собственная Луна! Аполлон, Адонис и Гермес приближаются к Солнцу сильнее, чем Венера.

Эти соседние малые планеты можно назвать «задевающими Землю». Они очень невелики: например, Гермес имеет диаметр всего около полутора километров. Когда они оказываются близко к Земле, то имеют очень высокую видимую скорость. Из-за этого за ними очень трудно наблюдать, так что не слишком близкий и не слишком маленький Эрос остается самым полезным для определения расстояний.

Следует упомянуть еще об одной малой планете. Это Икар, открытый в 1948 г. Уолтером Бааде. Он может сближаться с Землей до 7 миллионов километров (что произошло в 1968 г.), так что он тоже «задевает Землю»; но прославился Икар в первую очередь не этим.

Его орбита имеет самый большой эксцентриситет во всей Солнечной системе, не считая комет. В афелии он находится в 330 миллионах километров от Солнца, то есть далеко позади Марса. Однако в перигелии он приближается к Солнцу до 30 миллионов километров, ближе, чем Меркурий. Опять же, если не считать комет (комета Галлея подходит к Солнцу на 25 миллионов километров,

тогда как комета Донати 1858 г. прошла от Солнца в 54 000 километрах, за три часа сделав полуоборот вокруг его огненной поверхности, а затем умчавшись прочь), ни одно тело Солнечной системы не оказывается так близко от Солнца, как Икар. В перигелии он должен лететь сквозь пространство, раскалившись докрасна. Этому астероиду очень подходит имя героя греческого мифа, летевшего на крыльях, сделанных из крепленных воском перьев. Он подлетел к Солнцу слишком близко, так что воск растаял, перья разлетелись и он погиб, разбившись.

Поскольку и Гидальго, и Икар были открыты Бааде, то он обнаружил как малую планету, которая ближе всего подходит к Солнцу, так и ту, которая удаляется сильнее всех.

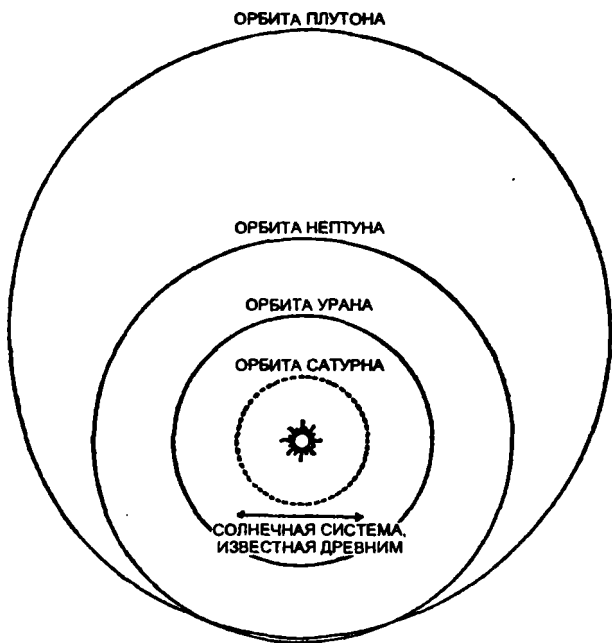
ПОСЛЕДНЯЯ ПЛАНЕТА

Однако астрономов не удовлетворял поиск одной только мелочи. Сатурн не был концом Солнечной системы, Уран — тоже. Тогда почему таковым считать Нептун? Разве за Нептуном не может оказаться еще одной планеты?

Если так, то найти ее будет трудно. Уран невооруженным глазом виден. Нептун хотя и не виден невооруженным глазом, но может быть найден с помощью небольшого телескопа. Однако планета, расположенная дальше

Нептуна, должна оказаться настолько тусклой, что затеряется среди миллионов звезд. Кроме того, она будет настолько далекой, а ее передвижение — таким медленным, что это движение трудно будет обнаружить.

Начиная с 1905 г. американский астроном Персиваль Ловелл (правильнее — Лоуэлл) пытался сделать то же, что и Леверье. После долгих наблюдений орбита Урана все еще выказывала небольшие отклонения, которые нельзя было объяснить притяжением Непту-



Внешние планеты

на. Эти отклонения были в 60 раз меньшими, чем те, которые привели к открытию Нептуна. Тем не менее Ловелл взялся решать эту проблему. Он использовал эти отклонения для того, чтобы вычислить возможную орбиту и расположение планеты дальше Нептуна, которую он назвал Планетой X. Он опубликовал свои расчеты в 1915 г., но похоже, они никого не заинтересовали.

Однако Ловелл был богатым бостонским аристократом и владельцем собственной обсерватории (Ловелловская обсерватория) в Аризоне, так что начал поиски сам. Он изучал многочисленные фотографии интересовавшего его участка небосвода, которые делались в прошлом, и делал дополнительные снимки. Успеха он не добился и в 1916 г. умер. Какое-то время казалось, что интерес к Планете X умер вместе с ним, но в конце концов его последователи из обсерватории Ловелла решили продолжить его дело.

В обсерватории установили новый фото-телескоп (его купил А. Лоренс Ловелл, брат Персиваля). Двадцатитрехлетний Клайд Томбо поступил на работу в обсерваторию в 1929 г. и возобновил поиски. Он был слишком беден, чтобы учиться в университете, но был очарован астрономией и много работал с 9-дюймовым телескопом, который сам сделал из деталей старых механизмов, валявшихся на отцовской ферме. И вот теперь он смог работать на чудесном профессиональном телескопе!

Он действовал так: делал фотографии одного и того же участка неба в два разных дня. На одном снимке могло оказаться от 50 000 до 400 000 звезд. Несмотря на все это множество звезд, два снимка одного и того же участка должны были оказаться идентичными в том случае, если на них были одни только звезды. Два снимка по очереди проецируются на экран, и при этом ни одна из звезд не движется. Это выглядит как одна фотография. Однако если одна из «звезд» на самом деле — планета, то в течение интервала между фотографированием она сдвинется на фоне звезд. На двух снимках она будет занимать разное место и при смене снимков начнет двигаться туда и обратно, создавая быстрое и заметное мерцание.

18 февраля 1930 г. после почти целого года кропотливой сверки фотографий Томбо обнаружил мерцавшую звезду. По тому, насколько медленно она двигалась на фоне звезд, он был уверен, что она расположена дальше Нептуна. Новую планету тщательно наблюдали в течение месяца, после чего объявили о сделанном открытии. Датой объявления было 13 марта 1930 г., годовщина смерти Персиваля Ловелла. Томбо вознаградили стипендией для обучения в Канзасском университете, так что он наконец смог получить высшее образование.

Для новой планеты было предложено название Плутон (рассказывают, что это сделала одиннадцатилетняя девочка), и его приня-

ли. Это удачное название в двух отношениях. Во-первых, Плутон был богом подземного мира, а ни одна планета не находится настолько далеко от света Солнца, в такой глубокой тьме, как Плутон. Во-вторых, первые две буквы его названия — это инициалы Персиваля Ловелла.

Плутон оказался очень странной планетой. Он находится настолько далеко, что наблюдать его трудно, так что астрономам не много удалось о нем узнать. Однако он кажется намного меньше, чем остальные внешние планеты. Возможно, Плутон такой же небольшой, как Земля, или даже меньше. Если это так, то на самом деле он — не та планета, положение которой вычислил Ловелл, и его открытие стало чисто случайным совпадением; орбита Плутона несколько меньше той, которую Ловелл рассчитал для Планеты X.

Среди больших планет Плутон имеет самый большой наклон орбиты, которая также имеет самый большой эксцентриситет. В афелии Плутон находится от Солнца на расстоянии 8220 миллионов километров, почти вдвое дальше, чем Нептун. Однако в перигелии он всего в 4979 миллионах километров от Солнца, и тогда он примерно на 5 миллионов километров ближе к Солнцу, чем Нептун! Однако из-за наклона орбиты Плутона он на самом деле не пересекает орбиту Нептуна, и обе планеты никогда не оказываются близкими друг к другу. Опасности столкновения нет.

Когда Плутон открыли, он двигался по направлению к перигелию. Он это делает и сейчас. К 1969 г. Плутон оказался к Солнцу ближе, чем Нептун, и с этого момента до 2009 г. он не будет самой отдаленной от Солнца планетой — ею будет Нептун.

Кстати, среднее расстояние Плутона от Солнца укладывается в правило Тициуса — Бодя для планеты позади Урана. Число из последовательности Тициуса — 388, а расстояние Плутона — 395. Однако тогда для Нептуна в последовательности места не оказывается. Как бы то ни было, правило Тициуса — Бодя уже не принимают слишком серьезно, так что это не имеет значения. Это правило сыграло свою роль, оказав помощь в открытии малых планет и Нептуна. Теперь мы можем оставить его в покое.

Открытие привело Солнечную систему к тому положению, которое нам известно сейчас. В нее входит: Солнце, 9 крупных планет, 31 спутник и около 44 000 малых планет.

Помимо этого, существует некоторое количество комет — возможно, очень большое количество. Одна современная теория говорит о том, что вокруг Солнца вращается громадное облако комет, на расстоянии в тысячу раз большем, чем расстояние Плутона от Солнца. В этом облаке может содержаться до ста миллиардов комет.

Однако кометы — это такие жидкие полупрозрачные штуки, что даже такое громадное их число, вместе взятое, не содержало бы в

себе столько вещества, сколько содержится в нашей Луне. Однако кометы могут занимать немало места, потому что разреженный газ некоторых из них занимает даже больший объем, чем само Солнце. Единственной твердой частью кометы является ее ядро, а оно имеет размер планетоида. Ядро кометы Галлея, вероятно, имеет диаметр не более двадцати километров.

Время от времени слабое притяжение одной из планет или даже одной из наиболее близких звезд может возмутить орбиту какой-либо кометы и замедлить ее движение настолько, что она начнет падать по направлению к Солнцу и понесется мимо планет, обогнет Солнце и, возможно, навсегда покинет нашу систему. Или по пути к Солнцу, или обратно комета может еще сильнее подпасть под влияние гравитации одной из планет, мимо которых будет пролетать. Тогда ее могут поймать и сделать постоянным и близким членом Солнечной системы, как это стало с кометой Галлея. На самом деле, оказываясь рядом с планетами, кометы долго не живут. Они слишком нежные, чтобы выдерживать гравитационное притяжение различных тел системы дольше, чем несколько тысяч лет. Несколько комет даже распались прямо в тот момент, когда за ними наблюдали астрономы.

Новые кометы обнаруживают каждый год. Как правило, они настолько тусклые, что их можно увидеть только в телескоп. Их

называют в честь тех, кто их открыл, и они также получают номер в соответствии с годом, в который достигают перигелия, и числом комет, открытых в тот год.

И наконец, существуют метеоры, которые заполняют пространство мелкой и очень редкой пылью. Они могут отчасти являться обломками комет, а отчасти — пылью, оставшейся после образования планет. Подавляющее большинство таких метеоров микроскопически малы.

Примерно 100 миллионов из них ежедневно падают на Землю. Почти все они сгорают в атмосфере, не достигнув и ста километров до поверхности Земли. Более крупные оставляют за собой огненный след, благодаря которому их называли падающими звездами (это было до того, как узнали их подлинную природу).

Самые крупные даже достигают поверхности Земли, не успев полностью испариться. Твердое вещество, падающее на Землю, называют метеоритом. На Землю ежегодно падает 150—600 метеоритов, и очень малое их число может оказаться довольно крупным. В Аризоне есть кратер с диаметром примерно около километра, который, вероятно, был образован метеоритом, упавшим десять тысяч лет назад. Есть остатки даже более крупных кратеров, созданных более давними падениями. В двадцатом веке, в 1907 г., великое падение произошло в Сибири. К счастью, не зарегистрировано падений

крупных метеоритов на города, хотя существует небольшая вероятность того, что когда-нибудь это произойдет.

Ну, можно ли еще что-то рассказать о нашей Солнечной системе? Да, осталась еще одна история. Не об объекте нашей Солнечной системе, а о том, чего в системе нет, о планете, которой не было.

Глава 10

ЗА НЬЮТОНОМ

ПЛАНЕТА, КОТОРОЙ НЕ БЫЛО

Дело в том, что, несмотря на все победы ньютоновского закона всемирного тяготения, существовало одно планетное движение, которого он объяснить не мог.

В начале главы 7 я упомянул о том, что Эйлер использовал силы гравитации для того, чтобы объяснить, почему положение перигея Луны медленно вращается вокруг Земли. Гравитация должна была также объяснить и то, что положение перигелия планеты вращается вокруг Солнца, а также скорость этого вращения.

Так случилось, что Меркурий имеет орбиту с большим эксцентриситетом и самый быстродвижущийся перигелий. В афелии, когда Меркурий отстоит от Солнца дальше всего, до него 78,3 миллиона километров. В перигелии, когда он ближе всего к Солнцу, расстояние сокращается до 51,3 миллиона километров. Местоположение перигелия в пространстве постоянно смещается, и это

смещение вперед можно объяснить за счет гравитационного воздействия ближайших планет, таких, как Венера и Земля.

Однако так можно было объяснить далеко не все движение! Как астрономы ни старались, всегда оставалось еще какое-то смещение вперед, которое объяснить не получалось.

В 1845 г. Леверье (которому вскоре предстояло открыть Нептун) обнаружил это, пытаясь составить таблицы для вычисления движения Меркурия. Он рассчитал, что за 100 лет перигелий сместился вперед на 40 секунд больше, чем ему следовало бы. Это не такое уж большое расхождение. Чтобы было понятно, насколько оно невелико, скажу: ширина Солнца или Луны, видимых с Земли, составляет полных 1800 секунд. Следовательно, потребовалось бы не меньше 4500 лет, чтобы перигелий Меркурия отошел от рассчитанного положения на видимую ширину Солнца или Луны.

Однако астрономы привыкли получать очень важные результаты путем объяснения подобных небольших несовпадений. Когда Кеплер попытался подогнать круговые орбиты к позициям Марса, определенным Тихо Браге, ему это почти удалось. Его подгонка никогда не давала расхождения более 500 секунд. Однако 500 секунд оказалось достаточно, чтобы он попробовал вместо этого воспользоваться эллиптическими орбитами. Перемещение Урана отлича-

лось от теории менее чем на 100 секунд, и этого оказалось достаточно, чтобы открыть Нептун. Ловелл даже попытался вычислить положение Плутона по отклонениям, составлявшим менее 2 секунд.

Конечно же можно и нужно было делать что-то с этими 40 секундами в столетие, которые были лишними в движении Меркурия.

Леверье, который к этому времени справился с одним несовпадением, открыв новую планету, приготовился решить эту задачу таким же образом. В конце концов, за Меркурием могла оказаться неизвестная планета — так же, как она оказалась за Ураном. Вероятно, она окажется еще меньше Меркурия и будет находиться настолько близко к Солнцу, что обнаружить ее окажется крайне сложно: ведь планета всегда будет теряться в свете Солнца.

Однако если она действительно там находится, то ее гравитация могла бы объяснить эти 40 секунд за век. Леверье решил, что для этого нужна была бы планета с диаметром приблизительно в 1800 километров, которая бы вращалась на расстоянии 34 миллионов километров от Солнца. Для этой планеты даже предложили название — Вулкан, по имени римского бога огня. Хорошее название, поскольку на таком расстоянии от Солнца планета была бы раскалена докрасна.

Астрономы (особенно астрономы-любители, жаждавшие славы, которую им принес-

ло бы открытие планеты) тут же начали охоту. Наилучшей возможностью обнаружить эту планету были бы наблюдения за окрестностями Солнца во время полного затмения. Еще одной хорошей возможностью было бы наблюдение за самим Солнцем, чтобы увидеть темное тело, которое пересекало бы его диск при прохождении — тело, которое не было бы Меркурием, Венерой или солнечным пятном.

И действительно — в течение следующих десяти — двадцати лет поступило несколько объявлений об открытии Вулкана. По правде говоря, во время затмения 1878 г. сообщалось не об одной, а о двух планетах дальше орбиты Меркурия. Однако все эти сообщения оказались ложными. Другим астрономам не удавалось найти подтверждения этим сведениям.

И до нашего времени планету внутри орбиты Меркурия обнаружить не удалось. Конечно, теперь нам известно и о малой планете Икар, которая подходит к Солнцу в перигелии на 30 миллионов километров, но она такая крошечная, что не могла бы оказать заметного влияния на Меркурий.

Конечно, можно было бы предположить, что невозможность обнаружить Вулкан еще не говорит о том, что его там нет. Однако астрономы довольно скоро удостоверились в том, что его нет. Используя гравитационную математику, можно показать, что если бы Вулкан существовал (как это утверждал Ле-

верье), то он вызывал бы возмущения в движении Венеры и Земли, которых просто нет.

Дополнительному движению перигелия Меркурия пытались найти и другие объяснения. Например, кольцо метеоров вокруг Солнца или особое движение Солнца. Но ничего не получалось. Все, что действовало бы на перигелий Меркурия, должно было действовать и на Венеру с Землей. А так это нечто (чем бы оно ни было) влияло только на Меркурий, хотя закон всемирного тяготения утверждал, что такое невозможно.

К 1900 г. единственным объяснением стало то, что ньютоновский закон всемирного тяготения все-таки не работает безупречно.

ИСКРИВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВА

Но 1900 г. стал годом научной революции, еще более значительной, чем та, что произошла в 1600-х гг. во времена Коперника и Галилея. Ученые обнаружили, что атомы, считавшиеся самыми маленькими частицами, можно разбить на гораздо более мелкие элементы. Разрабатывались странные понятия в области энергии. Оказывалось, что энергия существует в виде маленьких порций, называемых квантами, точно так же, как материя состоит из атомов.

И что важнее всего, два американских физика, Альберт Майкельсон и Э.У. Мор-

ли, в 1887 г. попытались измерить скорость света, когда свет двигался в разных направлениях. С помощью очень чуткого прибора, называемого интерферометром, эти двое измерили скорость света, когда он двигался в направлении движения Земли и поперек этого направления. Они надеялись, что по разнице в этих скоростях смогут определить скорость, с которой движется Земля.

Видите ли, все были согласны с тем, что Земля движется вокруг Солнца с определенной скоростью, 32 километра в секунду. Однако и само Солнце не стоит на месте. Все звезды движутся, хотя они расположены настолько далеко, что изменения их положения нельзя различить невооруженным глазом, пока не пройдет несколько веков (вот почему их всегда и считали «неподвижными звездами»).

Солнце тоже движется, вращаясь вокруг некоторой точки в Млечном Пути и тратя на один оборот миллионы лет. Эта центральная точка Млечного Пути тоже движется.

Тогда встает вопрос: есть ли во Вселенной что-то, что не двигалось бы, оставалось бы абсолютно неподвижным? Если это так, то скорость Земли можно было бы сравнить с ним.

В 1887 г. считалось, что вся Вселенная заполнена веществом, называемым «эфир». Именно эфир переносил световые волны, магнитные силы и тому подобное. Более

того, предполагалось, что он совершенно неподвижен. Майкельсон и Морли надеялись, что, обнаружив различие в скорости света, когда она складывается с видимой скоростью Земли и направлена перпендикулярно к ее движению, они измерят «истинное» движение.

К изумлению Майкельсона и Морли, скорость света оказалась одинаковой, вне зависимости от направления. Они повторили этот эксперимент, как это сделали и другие люди, но результат всегда оставался таким. Скорость света (в вакууме) не менялась, независимо от движения объекта, который испускал свет.

Это истолковали так, что эфира не существует и во Вселенной нет ничего, что можно было бы считать неподвижным. Однако наличие Вселенной, в которой все движется и ничто не находится «в состоянии покоя», с которым можно сравнивать все движение, опрокидывало некие основополагающие понятия, которые ученые имели со времени Ньютона.

В 1905 г. двадцатилетний немецкий математик по имени Альберт Эйнштейн, работавший в тот момент в патентном ведомстве в Швейцарии, опубликовал статью, в которой выдвинул то, что называют специальной теорией относительности. В ней он попытался разработать систему вселенной, где свет в вакууме всегда двигался с одинаковой скоростью. Оказалось, что такая все-

ленная должна сильно отличаться от той, которую знали ученые.

Например, длина объекта изменялась в соответствии с его скоростью, и то же происходило с количеством материи в нем. В старой вселенной системы Ньютона длина и количество материи никак не были связаны со скоростью. Опять же, во вселенной Эйнштейна материя была эквивалентом энергии, а энергия — материи, в соответствии с очень простой формулой; одно могло превращаться в другое. В системе Ньютона материя и энергия не были связаны.

Ну, так какая же система правильная? Обе они не могли быть правильными. Проблема в том, что это трудно определить. При обычных условиях система Эйнштейна дает ту же картину, что и система Ньютона. Например, при обычных скоростях, скажем, до полутора тысяч километров в секунду, изменения длины или количества материи настолько малы, что их невозможно обнаружить. При обычных условиях столь малая часть материи переходит в энергию или наоборот, что заметить нельзя.

Только при экстремальных условиях, при скоростях в сотни тысяч километров в секунду или при радиоактивном распаде, появляется огромное различие между системами Эйнштейна и Ньютона, и тогда мы можем вынести решение.

Например, в 1915 г. Эйнштейн опубликовал еще одну статью, где была выдвинута

общая теория относительности, в которой он применил новые принципы Вселенной к гравитации. В соответствии с теорией Эйнштейна, гравитация — это не сила, которая удерживает объекты. На самом деле оказывалось, что она появлялась потому, что пространство рядом с массивным телом искривлялось. Чем больше тело, тем более сильным было искривление.

Небольшое скопление материи, приближающееся к более крупному телу, просто следует по изгибу и вращается вокруг него. Это вполне естественная вещь: так сани, быстро мчащиеся с горы и подкатывающиеся к крутому склону, естественно взбираются на этот склон, начиная двигаться по изогнутой траектории.

Конечно, искривление пространства действует так, что движение планет оказывается приблизительно таким, как если бы между ними и Солнцем действительно существовали гравитационные силы, как это предположил Ньютон. Разница становится заметной только при экстремальных условиях.

Одним из экстремальных условий можно назвать ситуацию, когда маленькое тело оказывается очень близко от крупного. В нашей Солнечной системе Меркурий — единственная планета, которая находится достаточно близко от Солнца, так что условия становятся достаточно экстремальными, чтобы продемонстрировать различие между

системами Ньютона и Эйнштейна. Это добавочное перемещение перигелия в 40 секунд за сто лет не может быть объяснено с помощью гравитационной математики, зато его можно точно объяснить с помощью релятивистской механики.

РЕШАЮЩЕЕ ЗАТМЕНИЕ

Таким образом, движение перигелия Меркурия было объяснено — при условии, что теория Эйнштейна верна. Но была ли она верна? Астрономам не хотелось без особых оснований отказываться от идей Ньютона.

В конце концов, Эйнштейн заранее знал о наличии 40-секундного несовпадения движения Меркурия, накапливающегося за сто лет. Естественно, он подогнал свою теорию так, чтобы это объяснить. Значит, одного этого было недостаточно, чтобы доказать правильность его теории.

Однако предположим, что удалось бы найти еще какое-то условие, которые окажется достаточно экстремальным, чтобы продемонстрировать различие между системами Эйнштейна и Ньютона, причем такое, которое ученые еще не исследовали. Тогда обе системы будут работать, так сказать, вслепую. Затем можно провести необходимые наблюдения и прийти к выводу относительно обеих систем.

Например, если пространство искривлено, как это утверждал Эйнштейн, то свет должен следовать по кривой, точно так же, как и планеты. Поскольку свет движется чрезвычайно быстро, то он изгибается очень слабо, но Эйнштейн предсказал, что при экстремальных условиях, если бы свет проходил очень близко от Солнца, его искривление станет достаточно большим, чтобы его можно было измерить.

В то же время, согласно Ньютону, гравитация воздействует только на материю. Свет гравитации не подвержен (луч фонарика легко уходит вверх, против направления притяжения Земли), так что луч света не подвергнется воздействию гравитации и будет продолжать движение по идеально прямому пути, как бы близко от Солнца он ни проходил.

Итак, никому не приходило в голову проверить, не искривляется ли свет, проходя мимо Солнца, так что наблюдений этого явления не существовало.

Однако Эйнштейн выдвинул свою общую теорию относительности в 1915 г. Европа тогда была охвачена войной, и науке пришлось подождать.

В 1918 г. война закончилась, а в 1919 г. должно было произойти полное затмение, которое можно было наблюдать с острова Принсипи в Западной Африке. Международный характер науки таков, что никого не удивило, что англичане возьмут на себя ли-

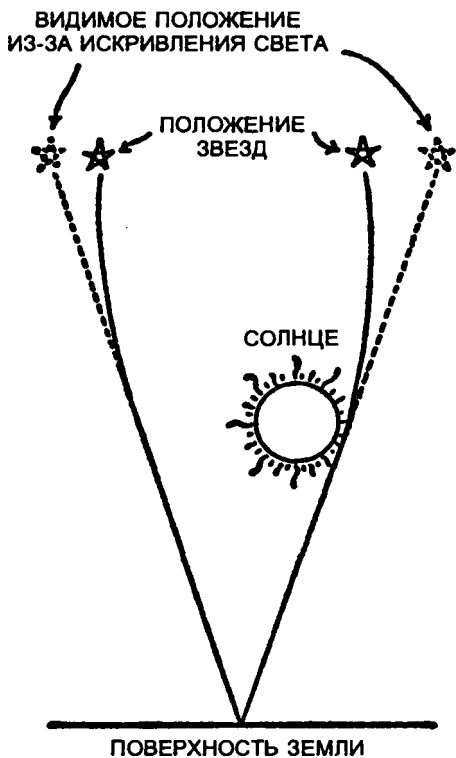
дерство в проверке теории немца после того, как Англия и Германия в течение четырех лет вели кровопролитную войну.

Королевское астрономическое общество Англии организовало экспедицию на Принсипи специально для того, чтобы проверить системы Эйнштейна и Ньютона. Во время затмения свет Солнца на несколько минут будет закрыт. В течение этих немногих минут станут видны звезды по соседству с Солнцем. Крошечный луч света от каждой из этих звезд сможет достигнуть Земли, только пройдя вблизи от Солнца. Если верна теория Ньютона, эти звезды окажутся в тех же местах, где они обычно бывают ночью, когда их свет не проходит рядом с Солнцем. Если верна теория Эйнштейна, то все звезды окажутся чуть в стороне от своего обычного положения из-за искривления света. В каждом случае звезда окажется чуть дальше от Солнца, чем ей следовало бы быть. Максимальное смещение составит примерно $1\frac{3}{4}$ дуги. Это крошечная величина, но она вполне поддается измерению.

Это затмение стало, наверное, самым важным в истории астрономии. Сделанные фотографии спешно доставили в Англию. Положение звезд измерили...

И они оказались смещены!

Они были смещены приблизительно в том направлении и в той степени, которые предсказал Эйнштейн. Он одержал явную победу! С тех пор наблюдения повторяли



Искривление света

несколько раз, получая тот же самый результат.

На самом деле различные стороны системы Эйнштейна уже подверглись проверке, и в каждом случае было видно, что система работает. Атомная бомба — одно из самых очевидных доказательств правильности одной из частей теории Эйнштейна.

И ЧТО ТЕПЕРЬ?

Я начал эту книгу с рассказа о том, как вавилоняне, жившие 2500 тысяч лет назад, наблюдали, как звезды медленно вращаются по небу. Я закончил ее тем, как астрономы удовлетворительно объяснили последнее непонятное движение в пределах Солнечной системы. Механизм Солнца и его планет кажется полным.

Осталось ли что-то несделанным?

Ответ таков: конечно, осталось. Всегда останется нечто недоделанное. Конца знаниям нет и не может быть. Чем больше вопросов человечество решает, тем большее количество дополнительных вопросов у него возникает.

В конце концов, Птолемей был не совсем прав. Коперник был убедительнее, но и он оказался не совсем прав. Ньютон был еще более убедителен — и он был не совсем прав. Что-то должно находиться и за пределами системы Эйнштейна.

И даже если не считать общего устройства Вселенной, мы еще очень многого не знаем о планетах. Например, Луна почти наверняка покрыта слоем пыли. Насколько толст этот слой? Мы видим только одну сторону Луны. Что на другой ее стороне? Венеру вечно покрывают облака. Из чего состоят эти облака? Как выглядит поверхность Венеры? Юпитер испускает радиоволны. Что их создает? На Марсе есть зеленоватые пятна. Не связаны ли они с какой-то формой растительности?

На эти вопросы трудно ответить, потому что мы ограничены тем, что можем увидеть с помощью телескопа, спектроскопа и фотокамеры. Все они зависят от излучения, проникающего сквозь атмосферу. Атмосфера пропускает сквозь себя далеко не все лучи и искажает те, которые пропускает.

Однако наше время — время новой научной революции. Мы отправляем в космос спутники, на которых установлены приборы, чтобы посылать информацию о том, что происходит за пределами атмосферы.

Но и таким образом мы, конечно, будем полагаться на информацию, которая приходит к нам издалека. Однако близко то время, когда в космос будут уходить ракеты с людьми, и люди будут высаживаться на Луну.

Наше поколение может стать удачливым. В нем появятся люди, которые смогут сами отправляться за информацией, вместо того чтобы ждать, чтобы информация пришла к нам сюда. Наше поколение вырвется из нашей планетной тюрьмы и вторгнется в новые области царства Солнца.

ТАБЛИЦА ДАТ

До н. э.

- 720 Вавилоняне наблюдают лунные затмения
600 Греки начинают усваивать астрономию вавилонян
550 Анаксимен Милетский создает понятие небесных сфер
525 Пифагор Самосский понимает, что Фосфор и Геспер — это одна и та же планета
380 Платон Афинский утверждает, что небесные тела должны двигаться по идеальным кругам
360 Евдокс Книдский разрабатывает системы множественных сфер для каждой планеты, которые объясняют их движение
350 Гераклид Понтийский высказывает предположение, что Земля вращается вокруг своей оси и что Венера и Меркурий вращаются вокруг Солнца
280 Аристарх Самосский предполагает, что все планеты, включая Землю, вращаются вокруг Солнца
240 Эратосфен Киренский определяет размер Земли

- 225 Аполлоний Пергский разрабатывает теорию эксцентриков и эпициклов
 150 Гиппарх Никейский совершенствует систему Аполлония

Н. э.

- 125 Птолемей пишет «Альмагест» и придает геоцентрической системе окончательный вид
 900 Аль-Баттани и расцвет арабской астрономии
 1175 «Альмагест» переведен на латинский язык; возрождается европейская астрономия
 1250 Составление таблиц Альфонса
 1500 Николай Коперник начинает создавать гелиоцентрическую систему
 1540 Георг Иоахим Ретик публикует изложение системы Коперника
 1543 Публикация «О вращении небесных тел» Коперника
 1551 Эразм Рейхгольд публикует первые таблицы положений планет, основанные на системе Коперника
 1572 Тихо Браге изучает новую звезду
 1576 Браге начинает создание Ураниборга
 1577 Браге доказывает, что комета этого года находится дальше Луны
 1608 Ганс Липперши изобретает телескоп
 1609 Иоганн Кеплер публикует первые два закона, говорящие о том, что планеты вращаются по эллиптическим орбитам, а Солнце находится в одном из фокусов
 1609 Галилео Галилей заново изобретает телескоп и открывает горы на Луне
 1610 Галилей открывает Ио, Европу, Ганимед и Каллисто, четыре спутника Юпитера; также открывает пятна на Солнце и фазы Венеры

- 1619 Кеплер публикует свой третий закон
- 1627 Кеплер публикует первые таблицы положения планет, основанные на эллиптических орбитах
- 1632 Галилей публикует «Диалог о двух главнейших системах мира»
- 1633 Инквизиция заставляет Галилея отречься от своих взглядов
- 1634 Джеримайя Хоррокс наблюдает в телескоп прохождение Венеры через Солнце
- 1638 Хоррокс доказывает, что Луна вращается вокруг Земли по эллиптической орбите
- 1643 Жиль Роберваль высказывает предположение о существовании всемирного тяготения
- 1655 Христиан Гюйгенс открывает кольца Сатурна и Титан, спутник Сатурна
- 1665 Джованни Борелли говорит, что кометы движутся по параболам
- 1666 Исаак Ньютон впервые задумывается о законе тяготения и начинает создавать свое дифференциальное и интегральное исчисление
- 1668 Ньютон создает первый телескоп-рефлектор
- 1671 Жан Доминик Кассини открывает Япет, второй спутник Сатурна
- 1672 Кассини открывает Рею, третий спутник Сатурна
- 1672 Ньютон завершает свои эксперименты со светом
- 1675 Кассини открывает разделение в кольцах Сатурна
- 1675 Оле Рёмер дает первую оценку скорости света, наблюдая движение спутников Юпитера
- 1682 Исаак Ньютон и Эдмунд Галлей изучают яркую комету
- 1684 Кассини открывает Тефию и Диону, четвертый и пятый спутники Сатурна

- 1684 Галлей убеждает Ньютона снова заняться тяготением
- 1687 Ньютон публикует «Математические начала», содержащие закон всемирного тяготения и законы движения
- 1690 Джон Флэмстид наблюдает Уран и записывает его положение, не догадываясь о том, что это — планета
- 1704 Галлей начинает рассчитывать орбиты комет и предсказывает возвращение кометы 1682 г. в 1758 г.
- 1749 Леонард Эйлер с помощью гравитационной математики объясняет движение перигея Луны
- 1757 Алекси Клод Клеро вычисляет массы Луны и Венеры по воздействию их гравитации на Землю
- 1758 Джон Долланд создает первые ахроматические линзы
- 1766 Иоганн Даниэль Тициус предлагает последовательность чисел, выражающих расстояние планет
- 1772 Иоганн Бode публикует последовательность Тициуса
- 1781 Вильям Гершель открывает новую планету, Уран
- 1787 Гершель открывает Титанию и Оберон, спутники Урана
- 1789 Гершель открывает Мимас и Энцелад, шестой и седьмой спутники Сатурна
- 1801 Джузеппе Пиацци открывает Цереру, первую из малых планет
- 1801 Карл Фридрих Гаусс разрабатывает способ расчета орбиты планеты на основе трех разнесенных по времени наблюдений
- 1802 Генрих Ольберс вновь обнаруживает Цереру и открывает Палладу, вторую малую планету

- 1804 Открыта третья малая планета
- 1807 Ольберс открывает Весту, четвертую малую планету
- 1814 Йозеф фон Фраунгофер обнаруживает линии на солнечном спектре.
- 1820 Алекси Бувар пытается рассчитать орбиту Урана в соответствии с наблюдаемыми позициями — и сталкивается с трудностями
- 1830 Постоянные отклонения Урана от расчетной орбиты вызывают широкий интерес у астрономов
- 1838 Определен параллакс ближайших звезд; окончательное подтверждение вращения Земли вокруг Солнца
- 1845 М. Хенке открывает Астрею, пятую малую планету
- 1845 Джон Кауч Адамс вычисляет положение планеты за Ураном
- 1845 Урбэн Леверье вычисляет сдвиг перигелия Меркурия и высказывает предположение о существовании планеты, расположенной к Солнцу ближе, чем Меркурий
- 1846 Леверье рассчитывает и публикует данные о планете за Ураном
- 1846 Иоганн Готфрид Галле первым видит Нептун
- 1846 Уильям Ласселл открывает Тритон, спутник Нептуна
- 1848 Дж.П. Бонд открывает Гиперион, восьмой спутник Сатурна
- 1851 Анджело Сеччи делает фотографии Солнца во время затмения; дата начала использования фотографии в астрономических наблюдениях
- 1851 Ласселл открывает Ариэль и Умбриэль, третий и четвертый спутники Урана
- 1877 Асаф Холл открывает Фобос и Деймос, спутники Марса

- 1877 Альберт Майкельсон и Э.У. Морли демонстрируют отсутствие эфира и показывают, что скорость света в вакууме всегда одинакова
- 1890 Макс Вольф разрабатывает метод обнаружения малых планет с помощью фотографии
- 1892 Эдуард Барнард открывает Амальтею, пятый спутник Юпитера
- 1898 Эдуард Пикеринг открывает Фебу, девятый спутник Сатурна
- 1898 Г. Витт открывает Эрос, первый планетоид, «задевающий Землю»
- 1905 Альберт Эйнштейн публикует «Специальную теорию относительности»
- 1906 Вольф открывает Ахиллес, первую из малых планет — «троянцев»
- 1915 Эйнштейн публикует «Общую теорию относительности»
- 1915 Персиваль Ловелл публикует свои расчеты положения Планеты X за Нептуном
- 1919 Наблюдения во время затмения доказывают, что система Эйнштейна точнее системы Ньютона
- 1920 Уолтер Бааде открывает Гидальго, самую далекую из известных малых планет
- 1930 Клайд Томбо открывает Плутон
- 1931 Приближение Эроса позволяет точнее определить размеры Солнечной системы
- 1948 Уолтер Бааде открывает Икар, малую планету, которая приближается к Солнцу ближе всех открытых тел, за исключением комет
- 1948 Дж.П. Койпер открывает Миранду, пятый спутник Урана
- 1950 Койпер открывает Нерейду, второй спутник Урана

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Глава 1. НАЧАЛО В ВАВИЛОНЕ</i>	7
Два неба	8
Вращающиеся звезды	11
Дрейфующие светила	16
Бродячие звезды	20
 <i>Глава 2. НА СЦЕНУ ВЫХОДЯТ ГРЕКИ</i>	
Форма Земли	25
Семь движущихся небес	28
Недостатки небесных сфер	33
Новые проблемы	39
 <i>Глава 3. ЗЕМЛЯ В ЦЕНТРЕ</i>	
Сферы на сферах	44
Сферы внутри сфер	46
Последнее слово говорит Птолемей	51
Последнее ли?	54
 <i>Глава 4. СОЛНЦЕ БЕРЕТ ВЕРХ</i>	
Перестановка Земли	61
Книга на смертном одре	67
Обсерватория в Дании	71
Изменение положения	74
Не совсем круги	81

Глава 5. ТЕЛЕСКОП РЕШАЕТ

Охрана провалилась!	91
Луны Юпитера	94
Фазы Венеры	98
Кольца Сатурна	105

Глава 6. ЧТО УДЕРЖИВАЕТ МИРЫ НА МЕСТЕ

Почему Луна не падает?	113
Новый телескоп	118
Почему Луна не падает	123
И стал свет	128

Глава 7. НОВАЯ ПЛАНЕТА

Возвращение кометы	132
Комета, которой не было	138
Дальнейшие приключения Гершеля	142
Таблица расстояний	145

Глава 8. БОЛЕЕ НОВАЯ ПЛАНЕТА

Пробел в таблице	149
Не одна, а четыре	153
Не четыре, а тысячи	156
Шалости Урана	160
Неудачи Джона Адамса	165

Глава 9. ЗАВЕРШЕНИЕ СИСТЕМЫ

Маленькие луны	171
Последний взгляд и удачная догадка	174
«Задевающие Землю»	181
Последняя планета	189

Глава 10. ЗА НЬЮТОНОМ

Планета, которой не было	198
Искривление пространства	202
Решающее затмение	207
И что теперь?	211
Таблица дат	213

Научно-популярное издание

Айзек Азимов

ЦАРСТВО СОЛНЦА

От Птолемея до Эйнштейна

Ответственный редактор *Ю.И. Шенгеля*

Художественный редактор *И.А. Озеров*

Технический редактор *Н.В. Травкина*

Корректор *А.В. Максименко*

Подписано в печать с готовых диапозитивов 19.01.2004
Формат 76х90^{1/2}. Бумага офсетная. Гарнитура «Петербург»
Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,82. Уч.-изд. л. 7,39
Тираж 7000 экз. Заказ № 413

ЗАО «Центрполиграф»
125047, Москва, Оружейный пер., д. 15, стр. 1,
пом. ТАРП ЦАО

Для писем:
111024, Москва, 1-я ул. Энтузиастов, 15
E-MAIL: CNPOL@DOL.RU

WWW.CENTRPOLIGRAF.RU

Отпечатано с готовых диапозитивов
во ФГУП ИПК «Ульяновский Дом печати»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

Айзек Азимов

ЦАРСТВО СОЛНЦА

Знаменитый писатель-фантаст, ученый с мировым именем, великий популяризатор науки, автор около 500 научно-популярных, фантастических, детективных, исторических и юмористических изданий приглашает вас в увлекательное путешествие от истоков представления об устройстве Солнечной системы до перспектив развития науки будущего.

В книге рассматривается, как на протяжении тысяч лет менялись взгляды человечества, начиная с Древнего Вавилона до наших дней. Длительное время господствовала геоцентрическая теория, по которой Земля находилась в центре Вселенной, этой теории придерживались Аристотель и Птолемей. Вы узнаете, как совершались научные открытия, о мучительных поисках истины великими учеными, о современных парадоксальных гипотезах. И можем ли мы быть уверены в том, что наше представление о строении Вселенной верно?

Книги А. Азимова — это оригинальное сочетание научной достоверности, яркой образности, мастерского изложения.

ISBN 5-9524-0813-3

