Айзек Азимов

ЗЕМЛЯ И КОСМОС

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА



От реальности к гипотезе



SCANNED BY MORI'QUESSIR

ЦЕНТРПОЛИГ

Isaac Asimov

THE STARS IN THEIR COURSES

Айзек Азимов

ЗЕМЛЯ И КОСМОС

От реальности к гипотезе



Москва
ЦЕНТРПОЛИГРАФ
2004

УДК 820(73)
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 Земля и космос. От реальности к гипотезе / Пер. с англ. Л.А. Игоревского. — М.: ЗАО Центрполиграф, 2004. — 286 с.

ISBN 5-9524-0899-0

Как появилась астрология и есть ли в ней рациональное зерно? Что такое «редкие земли»? Сколько времени будет продолжаться современный рост населения Земли и как можно решить демографическую проблему? Вы сможете получить ответы на эти и многие другие вопросы из области астрономии, физики, химии и социологии, прочитав эту познавательную и увлекательную книгу.

УДК 820(73)
ББК 84(7Сое)

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

ISBN 5-9524-0899-0

Посвящается
моему старому другу
Лестеру дель Рею
и памяти Эвелин дель Рей

ВВЕДЕНИЕ

Недавно я посмотрел пьесу «Волос», и сделал это потому, что все утверждали: я просто должен ее увидеть. Музыка, веселье, молодой задор, ощущение праздника — эти впечатления сыпались на меня как стрелы дротиков в мишень.

И потому я пошел...

Действие началось с того, что актеры и актрисы расположились по всей сцене, вдоль стен в зрительном зале и стали громко перекликаться.

— Овен, — хрипло выдохнул один из актеров.

— Лев, — словно простонал другой.

«Близнецы», «Козерог», «Стрелец» — доносилось с разных сторон. Эти слова обозначали знаки зодиака, и я внутренне похолодел, поскольку понял, что мне предстоит окунуться в липкое болото псевдонаучного шарлатанства.

И мои страхи подтвердились! Кто-то затянул песню о Юпитере в Доме Марса (или о чем-то в этом духе), и все принялись петь дифирамбы в честь наступления эры Водолея.

И началось... Частично из-за врожденной любознательности, частично из-за стойкой приверженности к рационализму я упорно пытался уловить смысл того, что вколачивалось в меня через мои несчастные барабанные перепонки, — но так и не смог этого сделать.

Когда мои знакомые узнавали, что я посмотрел «Волос», их лица озарялись религиозным благоговением (поскольку им нравилось считать себя приобщенными к тайным знаниям), и они вопрошали:

– Тебе понравилось? Это ведь здорово?

Я усердно кивал, повторяя:

– Да, да, это очень впечатляет!

Мои слова звучали как одобрение, поэтому больше мне вопросов не задавали, – я же мог не укорять себя в том, что говорю неправду.

Но что это за эра Водолея? Наверное, множество молодых людей воздевают руки, благоговейно закатывают глаза и выглядят осчастливленными при этих словах, но знают ли они на самом деле, что эти слова значат? Я не встречал такого ни разу. Похоже, им приятно говорить об этом, вдумываться же в смысл они не хотят.

Потому я расскажу вам, что такое эра Водолея.

Весеннее равноденствие – это момент, когда Солнце пересекает небесный экватор во время своего движения к северу; обычно подобное происходит 20 марта. Если ось вращения Земли была бы неподвижной относительно звезд, Солнце утром появлялось бы на небе в одной и той же точке в каждый день весеннего равноденствия.

Однако из-за некоторого расширения Земли у экватора (под влиянием силы притяжения Луны) ось вращения Земли немного смещается, так что северный небесный полюс (и соответственно южный небесный полюс) описывает на небе некоторую окружность. Если мысленно представить себе радиус этой окружности, то его крайние от центра точки видны под углом 23,5°. Каждые 25 780 лет небесный полюс совершает полный оборот и возвращается на место.

Это означает, что каждый год вследствие сдвига оси вращения Земли положение Солнца в момент равноденствия немного меняется; в том же самом месте горизонта Солнце появляется немного в дру-

гое время, нежели оно могло бы появиться, не будь этого сдвига. Данный эффект называется прецессией равноденствия.

К чему приводит этот эффект?

Во время весеннего равноденствия Солнце пересекает небесный экватор в районе размещения одного из двенадцати зодиакальных созвездий. Ввиду звездной прецессии эта точка постепенно перемещается западнее, следуя из одного зодиакального созвездия к другому, затем к следующему и так далее. За 25 780 лет Солнце проходит все двенадцать зодиакальных созвездий. В среднем в одном созвездии Солнце проводит 2150 лет. Конечно, точный момент перехода из созвездия в созвездие определить нельзя, так как у созвездий нет твердо очерченных границ, поскольку созвездия — это лишь некое абстрактное создание человеческого разума, а не определенный природой строго связанный набор звезд.

Когда древние шумеры создали астрологию, в момент весеннего равноденствия Солнце располагалось в созвездии, которое мы сейчас называем Тельцом. Ко времени, когда астрология стала популярной в Древней Греции, Солнце во время весеннего равноденствия находилось в созвездии Овна.

Естественно, Овен и возглавил список зодиакальных созвездий у греков. В то время Солнце проходило созвездие Овна с 20 марта по 19 апреля. Астрологи нашего времени следуют грекам, отводя созвездию Овна тот же временной промежуток.

Но конечно, за два тысячелетия Солнце в момент весеннего равноденствия переместилось в созвездие Рыб; однако современные астрологи полностью игнорируют тот факт, что ныне созвездия совершенно не соответствуют приписываемым им временным промежуткам. И с этим ничего не поделаешь, ведь преимущество мистицизма в том, что, не имея под собой логического обоснования, он не может быть опровергнут даже тем, что количество нелепостей в нем все время увеличивается.

Солнце, продолжая свой путь, переместилось из созвездия Рыб в созвездие Водолея. Именно в этом смысле мы вошли в эру Водолея.

Но какое воздействие на Землю могут оказать все эти созвездия? Что несут нам звезды?

Об этом я подробно расскажу в первых двух главах настоящей книги.

Можно смело утверждать, что положение Солнца относительно звезд не способно оказать на нас никакого влияния. Но кое-что действительно может произойти (и весьма похоже, что и в самом деле произойдет) в ближайшем будущем — и это что-то вполне способно превзойти все предыдущие кризисы. О грядущей угрозе я пишу в последних двух главах моей книги.

Но даже при всем этом пьеса «Волос» привела меня в глубокое уныние. Молодежь поворачивается от науки к мистицизму, от разума к эмоциям, от честного усердного труда к пустым словам о «любви». Молодежь пытается найти убежище от реальностей сегодняшнего дня в эйфории от наркотиков или весьма сходных по эффекту с ними религиозных учениях, а это все равно что спасовать перед жизненными трудностями. Это означает просто сидеть и ждать своей смерти.

Надо признать, что пока наука не дала ответа на многие вопросы. Иногда делаются даже попытки придать мистицизму наукообразный характер, что лишь усугубляет проблему. Но тем не менее подлинную науку и человеческий ум все равно нечем заменить.

Конечно, научный аппарат может использоваться (а порой и используется) неправильно, но выход из этого не отказ от науки, а ее правильное применение.

Я — приверженец науки (и если говорить более общо — реальной жизни), и для меня всегда было большим удовольствием постигать ее тайны. Таким же приверженцем я выступаю и в этой книге, как и в прочих моих работах.

Часть первая

АСТРОНОМИЯ

Глава 1
ЗВЕЗДЫ НА ИХ ПУТЯХ

Один из подводных камней научной дискуссии — убеждение: «Это очевидно!» Но к сожалению, то, что очевидно для одного, вовсе не очевидно для другого, а третьему может показаться даже смешным.

К примеру, всего неделю назад аптекарь выписал мне рецепт. Он спросил мое имя, и я назвал его так, как привык, медленно и ясно произнося буквы (почему-то я очень болезненно реагирую на неверное написание моей фамилии).

Он правильно написал А-Й-З-Е-К, но как только я начал озвучивать мою фамилию, А-З-И, он поспешил завершить ее М-О-Ф.

— Нет, нет, нет, — придрался я, — моя фамилия кончается на «В», на «В».

Он изменил написание на А-З-И-М-О-В, бросил на меня быстрый взгляд и затем произнес:

— Ясно. У вас фамилия как у известного писателя.

Да, это так, но у аптекаря сей факт вызвал большое удивление.

Но это малозначительный пример, есть более серьезные. Если кто-либо просит высказать мое мнение об астрологии, я говорю что-то вроде: «Это ерунда и чепуха, сущий вздор, абсолютная нелепица. Это совершенно ясно!»

Однако большинству людей это вовсе не ясно.

Астрология в наши дни более популярна, чем когда-либо, и сейчас очень много людей живет за счет этой «науки». Я читал, что в Соединенных Штатах пять тысяч астрологов и что десять миллионов человек безоговорочно верят в астрологию.

Было время, когда я мог просто не обратить на это внимания и сказать: «Ну, то, что один американец из двадцати легковерен и прост, это для меня не так уж и важно».

Однако в последнее время наблюдается взрыв популярности астрологии среди моих коллег-ученых, вполне разумных людей, которые, как им и положено, много читали, обладают научным складом ума и являются вполне обеспеченными людьми.

У меня возник вопрос: если мои коллеги принимают астрологию, может ли она быть полной чушью?

Для многих может не быть чушью совсем. По следующим причинам:

1. В наши дни модно, особенно среди ученых, быть в оппозиции к правящему классу. Поскольку ведущие позиции в науке занимают представители определенных социальных слоев, люди из других социумов стремятся занять прямо противоположную позицию. Часть молодежи делает это искренне исходя из своих твердых убеждений, и, должен сказать, я им симпатизирую (я и сам в оппозиции к правящему классу, поскольку мне всего немногим за тридцать и я еще молод, хотя и приближаюсь к зрелому возрасту).

Но если рассмотреть этих людей более пристально, то среди них можно найти немало тех, кто находится в оппозиции к правящему классу лишь потому, что в их кругах это считается модным — и ни по какой другой причине. Это так называемая оппозиция ради оппозиции, такие люди могут быстро переменить взгляды на прямо противоположные, если президент Никсон решится, например, на то, чтобы отрастить длинные волосы.

Кроме того, определенная правящая элита существует и в науке. И эта правящая элита всегда придерживалась мнения, что все астрологические предания — что-то вроде, мягко говоря, продуктов жизнедеятельности. Такое пренебрежение — уже достаточное основание, чтобы многие представители пылкой молодежи перебежали в стан астрологов.

2. Мы живем в сложное время. Если говорить начистоту, все времена «несли свои проблемы» (как любят говорить трезвомыслящие люди), но в наше время мы имеем дело с новыми угрозами. Было ли раньше такое, чтобы все боялись одного поспешного шага, который может взорвать весь мир, превратив его за полчаса ядерной войны в настоящий ад? Стояла ли раньше перед нами угроза всего через полстолетия оказаться в перенаселенном мире с необратимым загрязнением окружающей среды, при отсутствии всякой приемлемой программы борьбы с этими бедствиями?

В столь зыбком мире, как наш, наука еще не способна дать убедительные ответы. У нас есть пока что только гипотезы, наука способна лишь определить круг вопросов, а также подсказать, насколько верны наши ответы, — при этом вполне вероятно, что наши ответы окажутся неверными. Этому противостоят различные оккультные

системы, которые смело и грамотно дают свои ответы. Эти ответы неверны — но что можно предложить взамен?

Мы, рационалисты, должны с горечью признать, что большинство людей предпочли бы уверенное: «Два плюс два равняется пять, и это абсолютная истина», а не нерешительное: «Я думаю, что два плюс два равняется четыре».

3. Ученики колледжей в наши дни куда более разнородны, чем любая другая группа людей. Далеко не всех из них интересует наука, не все обладают научным складом ума. Способностей некоторых из них хватает лишь на то, чтобы увидеть в нашем пресном мире что-то яркое или то, что, как им кажется, ярко выглядит. Довольно много этих людей можно встретить в наших политических учреждениях.

Эти люди отлично понимают, как можно произвести впечатление. В математике или физике выдать себя за выдающегося человека трудно — нужно в самом деле быть выдающимся, поскольку здесь теории и результаты опытов хорошо всем известны. Существуют твердые взгляды по многим вопросам, и, чтобы блистать в науке, следует хорошо знать предмет.

В социальных науках взгляды не столь тверды, в гуманитарных науках они еще более размыты, в таких же вопросах, как оккультные восточные течения, к примеру, твердых взглядов нет вообще.

Любой, кто попытается провозглашать какую-нибудь нелепость в химии, будет сразу, образно говоря, схвачен за руку любым учеником средней школы, разбирающимся в этом предмете. Того, кто безосновательно критикует какое-либо литературное творение, схватить за руку гораздо сложнее. В самом деле, мало кто знает, какими крите-

риями вообще следует оперировать в литературной критике. Вы знаете? Нет? А знает ли кто-нибудь их вообще?

Ну а что касается оккультизма... Любую некомпетентность в этом вопросе распознать невозможно. Достаточно написать песенку: «Туалетная бумага, туалетная бумага, туалетная, туалетная, бумага, бумага», сказать кому-нибудь, что эту песенку надо повторять 666 раз (число зверя) для достижения внутренней безмятежности и космического сознания — и вам поверят! Почему бы и нет? Это звучит не хуже, чем что-либо в оккультизме, и потому вы станете всеми уважаемым гуру.

Теперь кратко повторим сказанное выше: многие студенты колледжей весьма верят в астрологию, потому что, во-первых, это модно, во-вторых, дает восхитительное, хотя и ложное чувство уверенности и, в-третьих, дает пропуск в сферу фальшивого умствования.

И по этим, казалось бы, веским причинам многие не желают признать, что астрология — лженаука.

Самое забавное в истории с астрологией, что когда-то она представляла собой передовой рубеж науки.

На заре человеческой культуры, когда мир казался непостижим и боги постоянно бились друг с другом на небе, следовало изобрести какую-нибудь систему, которая позволила бы понять, чего хотят эти проказливые боги. В отчаянии жрецы пытались находить ответы, наблюдая за полетами птиц, разглядывая печень принесенных в жертву животных, бросая монету и так далее.

Все эти попытки приносили случайные результаты, но первобытный человек был еще не спосо-

бен понять эту случайность (как и многие из наших современников). Все события для него обусловливались либо волей богов, либо собственной волей, и если на какое-либо событие человек не мог повлиять, то считал, что этим событием управляет бог. И потому даже в наши дни люди изучают чайные листья, шишки на голове и линии на ладони.

Некоторые священнослужители сделали значительный прорыв в этой сфере (по всей вероятности, это произошло в Шумере, стране, которая позднее станет Вавилонией, затем Халдеей, Месопотамией и в конце концов Ираком). Если читатель позволит мне представить свои догадки относительно причин, по которым ученые Шумера взялись за свой труд, я хотел бы сказать следующее.

Боги, как могли предположить шумеры, вряд ли захотели бы тратить время и силы на то, чтобы выражать свое мнение по каждому случаю. Это совсем не по-божески — тревожиться о том, чтобы заниматься созданием печени какого-то конкретного животного, посылать какую-либо особенную птицу лететь в каком-либо направлении или же организовывать бури и ураганы в определенной части неба и отвечать на каждый заданный вопрос.

По-настоящему великий бог пренебрег бы столь малозначительными вещами. Вместо этого он занялся бы созданием каких-либо естественных феноменов, которые существовали бы вечно и были бы очень сложными. Если бы такой великий бог шевельнул пальцем, то не иначе как за тем, чтобы определить историю всего мира и начертать указания, которые стали бы наставлением для всего человечества. Это позволило бы каждому отдельно взятому человеку не зависеть от лично-

го отношения к богам, а, действуя в согласии с установленными богами законами, угадывать их волю в сложных, но организованных определенным образом природных феноменах. (Если первые астрологи руководствовались именно этими соображениями — а весьма вероятно, что так и было, — они руководствовались научным подходом, и я восхищаюсь ими за это. Ни одного ученого не следует винить за ошибки, которые стали ясны лишь в свете знаний более позднего времени. За свое стремление к знаниям — хотя и на уровне своей эпохи — он может быть причислен к братству ученых. — *Примеч. авт.*)

Единственный естественный феномен, который абсолютно постоянен и неизменен и который явно был приведен в действие раз и навсегда, — движение небесных тел.

Солнце восходит и заходит день за днем и один раз в сутки достигает своего пика. В медленном годовом ритме точка восхода Солнца смещается на север, а затем на юг. Так же и Луна восходит и заходит день за днем и тоже медленно меняет фазы. Математические законы, описывающие эти изменения, довольно сложны — но не настолько, чтобы их нельзя было бы определить.

Кроме того, эти перемещения явно оказывают воздействие на Землю. Солнце своим движением вызывает смену дня и ночи, а медленным движением на север и затем на юг — смену времен года. Восход и заход Луны (а также легко заметная смена фаз) изменяют ночное освещение Земли. Луна также вызывает приливы и отливы, что имеет важное значение, но данный факт по разным причинам не был твердо установлен до конца XVII века.

Очевидно, что если изменения положения Солнца и Луны могут оказать воздействие на Землю,

то «астрологические законы» должны существовать. Если вы способны предсказать изменения на небесах, то вы должны получить способность предвидеть изменения на Земле.

Конечно, очень просто предсказать, что завтра взойдет Солнце и наступит рассвет, и что, когда Луна станет убывать, ночи будут темнее, и даже то, что в полдень Солнце будет чуть севернее, чем вчера в это же время, и такое движение рано или поздно приведет к похолоданию. Все это достаточно ясно обычному человеку, но более простые вещи он предсказать не в силах. Будет ли достаточно дождей? Принесет ли осень богатый урожай? Продолжится ли война, или наступит перемирие? Скоро ли будет у королевы ребенок мужского пола?

И для большей точности предсказаний небо стали изучать более подробно.

Мы никогда не узнаем, когда первым наблюдателем неба — или группой наблюдателей — началось систематическое исследование положения Луны и Солнца относительно звезд. Тысячи звезд оставались неподвижными каждую ночь, каждый год, каждое поколение (и потому их назвали «неподвижными звездами»), но Солнце и Луна меняли свое положение, и потому греки назвали их «планетами», «скитальцами», поскольку они скитались среди звезд.

Как Луна, так и Солнце прокладывают по звездному небу определенный путь. Однако они перемещаются с разными скоростями. В то время как Солнце делает за год один полный оборот по небу, Луна успевает совершить таких оборотов двенадцать (на самом деле двенадцать с дробью, но к чему усложнять вопрос подробностями?).

Проследить путь Луны и Солнца возможно при помощи легко определяемых вех — эту идею

впервые выдвинули шумеры, но до совершенства довели греки.

Предположите, что у вас есть на небесах целая полоса из звезд — особая полоса, по которой движутся Солнце и Луна. Разделите эту полосу на двенадцать одинаковых частей, или созвездий. Одно из этих созвездий примем за начало пути Солнца. Ко времени, когда Луна совершит свой оборот и вернется в это созвездие, Солнце переместится на одну двенадцатую часть своего пути и окажется в следующем созвездии. После следующего оборота Луны Солнце сдвинется еще на одно созвездие. И так далее.

Для того чтобы легче было запомнить расположение звезд в каждом созвездии, составьте из этих звезд какой-нибудь образ, напоминающий знакомое животное. Таким образом вы получите двенадцать созвездий, составляющих зодиак («круг животных»).

Когда вы начнете изучать зодиакальные созвездия, то непременно обнаружите пять ярких звезд, которые не стоят на месте, а перемещаются — точно так же, как Солнце и Луна. Эти пять планет мы называем Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн.

Эти новые планеты очень сильно усложнили картину небесного устройства и, следовательно, систему астрологов. Сатурн, к примеру, делает один оборот на небе за время, когда Луна совершает 360. К тому же, если Солнце и Луна всегда движутся по небу с востока на запад на фоне звездного неба, другие планеты иногда меняют свое направление и некоторое время перемещаются с востока на запад, совершая так называемое ретроградное движение. Сатурн делает это не менее 29 раз за время одного полного оборота.

Хочу заметить, что ранние астрологи не были шарлатанами. Если бы они хотели дурачить людей, то стали бы делать это наблюдая за полетами птиц или изучая печень животных.

Чтобы создать фундамент астрологии, требовалось наблюдать небо ночь за ночью и делать крайне трудные тогда точные измерения — короче говоря, немало поломать голову. Первые астрологи открыли много очень важных и достоверных фактов. Их наблюдения заложили фундамент под астрономию и оставили нам верное описание движения небесных тел Солнечной системы (относительно принимаемой за неподвижную Земли).

Ошибка астрологов заключалась не в описании движения небесных тел, а в выработке астрологических законов. Но даже в этом астрологи стремились основываться на рациональном подходе.

К примеру, перед ними стоял вопрос: как найти ключ к звездным законам? Иногда на небесах происходит какое-нибудь крайне редкое событие. И вскоре после этого на Земле случается событие столь же редкое. Нельзя ли усмотреть в этом какую-либо связь и использовать для прогноза на будущее?

К примеру, предположим, что произошло затмение — либо лунное, когда Луна медленно исчезла с неба, либо солнечное, когда это же случилось с Солнцем. Могло ли в это время произойти какое-либо редкое событие на Земле?

Ответ предвидеть легко, поскольку солнечные затмения вселяют невероятный ужас в сердца всех его наблюдающих, и легко понять почему. Над страхом первобытных людей принято смеяться — но не делайте этого. Вспомните, что ваша жизнь зависит от Солнца, и представьте, что вы не знаете, почему Солнце медленно исчезает, уступая место тьме. В такие минуты может возникнуть

мысль, что Солнце умирает и все живое после этого тоже умрет.

Вспомните, что в наше просвещенное время достаточно было предсказания какого-то сумасшедшего, что Калифорния провалится в Тихий океан в три часа пополудни в следующую среду, чтобы из этого штата уехали многие тысячи людей.

Если затмение — столь редкий и ужасающий феномен, то легко предположить, что и последствия будут столь же редкими и ужасающими. Другими словами, затмение приносит за собой несчастья (английское слово «disaster», «несчастье», произошло от греческого слова, обозначающего «злые звезды». — *Примеч. авт.*).

Так что теория астрологов основывалась на реальной базе. Разве затмения не приносят за собой несчастья?

Приносят, и это факт. Затмения всегда связывали с какими-либо катастрофическими последствиями, хотя несчастья где-нибудь на Земле случались каждый год, вне зависимости от того, происходило затмение или нет. Однако внимание астрологов привлекали те несчастья, что происходили после затмений. Ненаучно? Конечно. Но очень свойственно человеку. (В наш очень просвещенный век есть люди, которые считают, что от одной спички не должны прикуривать трое. Скажите им, что несчастье может произойти даже при прикуривании двоих от одной спички, — и посмотрите, что произойдет.)

Поскольку затмения повторялись, первые астрологи довольно быстро нашли причину лунных и солнечных затмений. Они обнаружили, что Луна затмевается либо когда она попадает между Солнцем и Землей, либо когда попадает в тень Земли. Солнце же затмевается, когда его заслоняет Луна.

Вычислениями движений Луны и Солнца можно предсказать лунные затмения достаточно точно. Полагают, что древние бритты использовали Стоунхендж именно для этой цели примерно в 1500 году до н. э. Солнечные затмения определить труднее, но в конечном счете можно справиться и с этим.

Легко догадаться, что астрологи захотели сохранить свои методы в тайне. Все равно обычным людям эти расчеты сделать не по силам, они бы и заниматься ими не захотели. Кроме того, астрологи могли рассчитывать на значительное повышение своего социального статуса, если бы обладали секретами, недоступными для других.

Конечно, держать свои методы в тайне было делом рискованным. Китайские легенды сообщают, что в древности в столице увидели затмение без предварительного уведомления, поскольку придворные астрономы Хси и Хо, увлекшись горячительными напитками, несколько пренебрегли своими обязанностями. Когда император пришел в себя от страха перед непредвиденным событием, сразу протрезвевшие астрономы были отправлены к месту казни — и все согласились, что возмездие было по заслугам.

Однако случалось и такое, что затмение приносило хорошие результаты. Однажды в древности солнечный диск стал понемногу затеняться над полем боя в Малой Азии. Солдаты Лидии, идущие с запада, и Мидии, идущие с востока, прекратили сражение, завороженно глядя на исчезающее Солнце. После нескольких минут отсутствия Солнца противостоящие друг другу полководцы могли сделать только одно: немедленно заключить мир и разойтись. (Мир длился долго — но не столь долго, как мог бы, поскольку через 30 лет оба государства были завоеваны Киром Великим. Без сомнения,

если бы этого завоевания не было, урок был бы забыт и оба народа снова начали бы войну. — *Примеч. авт.*)

Поскольку факт встречи двух армий остался в истории, астрономы получили возможность вычислить точную дату затмения Солнца, которое произошло в это время в Малой Азии. Эта дата — 28 мая 585 года до н. э. Сражение между Лидией и Мидией стало самым ранним событием во всей истории — помимо самого факта затмения, — для которого удалось установить точную дату.

Греческий философ Фалес, как полагают, впервые предсказал солнечное затмение, хотя и не указав точную дату, а просто сообщив, что в данном году должно произойти затмение. Считается, что в молодости он совершил путешествие в Вавилон; по всей видимости, именно там он и научился предсказаниям.

Было еще одно астрономическое событие, которое нарушало привычный порядок на небе, — появление комет. Оно повергало в еще больший ужас, чем солнечные затмения, по нескольким причинам.

В то время как затмение продолжалось относительно короткий промежуток времени, кометы обычно пребывали на небе неделями и даже месяцами. В то время как при затмении можно было видеть правильные фигуры (круги и дуги), у комет были жутковатые и угрожающие очертания — расплывчатая голова с длинным хвостом могла показаться занесенной над Землей саблей или же растрепанной головой кричащей женщины (слово «комета» произошло от греческого слова «волос»).

И наконец, если солнечное затмение можно было предсказать даже в древности, то появление комет предсказать было невозможно. Только

в XVIII веке смогли найти метод предсказания появления нескольких комет.

Кометы оказались более верным предвестником бедствий, чем затмения, и по некоторым причинам за ними действительно следовали несчастья.

Так, в 1066 году комета, которую мы сейчас называем кометой Галлея, появилась на небе непосредственно перед тем, как Вильгельм Нормандский приготовился к вторжению в Англию. Этот факт свидетельствовал о приближении несчастья — и оно действительно случилось, поскольку саксы проиграли битву при Гастингсе и попали под нормандское господство. Для саксов не было большего бедствия, чем это.

Однако, если бы победили саксы и им удалось бы сбросить захватчиков в Ла-Манш, это стало бы катастрофой для нормандцев.

Какая бы сторона ни потерпела поражение, комета «выиграла» бы все равно.

Поскольку затмения и кометы столь прекрасно «предсказывали» события на Земле, «астрологические законы» казались действующими правильно, поскольку исходили из принципа сходства: исчезновение Солнца вело к исчезновению благосостояния, комета с хвостом в виде сабли несла за собой войну и так далее.

Когда астрологией занялись греки, они привнесли в нее демократию. Если на Востоке с его деспотиями к астрологам обращались исключительно монархи для консультации по важным политическим вопросам, то в греческом мире с его индивидуализмом греки начали составлять личные гороскопы.

Ясно, что Солнце как самая яркая из планет (какой считали эту звезду греки) должно было играть решающую роль в судьбе. В каком созвез-

дии находилось Солнце в момент рождения каждого конкретного человека? Если оно находилось в созвездии Весов, то не должен ли был этот человек иметь ровный и взвешенный характер? А если в созвездии Льва, то не было ли ему суждено стать отважным солдатом?

Если вспомнить, что древние не считали небесные тела маленькими объектами неподалеку от Земли и что они всерьез верили в сакральный смысл каждого созвездия, то можно понять, с каким страхом они относились к появлениям комет.

Надо заметить, однако, что даже во времена расцвета греческой астрологии были две группы людей, которые не придавали ей значения.

Философская школа эпикурейцев не верила в астрологию по той причине, что ее взгляды на Вселенную были глубоко атеистическими. Эпикурейцы считали, что движение небесных тел не несет никакого тайного смысла и что нет богов, которые управляли бы их движением.

К другой группе относились иудеи, которые истово поклонялись единому Богу, что в те времена было нехарактерно. Иудеи тогда не обладали научным складом ума, и потому они не пользовались рациональными аргументами для того, чтобы противостоять астрологии (от аргументов эпикурейцев они бы с ужасом отшатнулись). Для иудеев все, кто поддерживал астрологию, были язычниками, считающими, что планеты являются божествами, а это представлялось иудеям совершенной ересью.

Но астрология оказала воздействие даже на них. В Библии обнаруживаются следы многобожия; и даже если во времена Древней Греции набожные раввины тщательно отредактировали священные тексты, их работа оказалась несовершенной.

И потому в Библии при описании четвертого дня творения говорится: «И сказал Бог: да будут светила на тверди небесной [для освещения земли и] для отделения дня от ночи, и для знамений, и времен, и дней, и годов» (Книга Бытия, 1: 14). Это маленькое слово «знамений» имеет астрологический смысл.

Более ясно это видно в песне Деворы, в одном из самых древних текстов Библии, которая была столь известна, чтобы кардинально ее видоизменять. После смерти Цицеры Девора пела: «С неба сражались, звезды с путей своих сражались с Сисарою» (Книга Судей, 5: 20).

Однако ни эпикурейцы, ни евреи не победили. Астрология продолжала существовать и в XVII столетии даже приобрела особенную популярность. Является фактом, что некоторые из основателей современной астрономии — к примеру, Иоганн Кеплер — были также и астрологами.

Только к концу XVII столетия, когда возникла истинная, гелиоцентрическая модель Солнечной системы, астрология была объявлена псевдонаукой. Человек понял наконец, что он пылинка в огромной Вселенной. Тем не менее в астрологию верит так много людей, что она продолжает существовать и по сей день.

Все же настоящая наука так сильна, что современным астрологам приходится с нею считаться. Есть немало приверженцев астрологии, которые довольно хорошо знают астрономию и стремятся подвести рациональную базу под древнюю псевдонауку.

И так уж устроен человек, что если он решит поставить перед собой задачу найти рациональное объяснение чему-либо (может быть, крайне слабое, но рациональное), то он обязательно его найдет. Мы поговорим об этом в следующей главе.

Глава 2
КРИВООБРАЗНОЕ СОЛНЦЕ

Прошлой осенью один многотиражный журнал сообщил о намерении напечатать статью о затмениях. Эта статья была вызвана солнечным затмением, которое должно было произойти в Соединенных Штатах следующей весной.

Редакция решила обратиться ко мне, чтобы я сделал эту работу. Вы наверняка решите, что я встретил эту идею с радостью, и будете совершенно правы. Для меня писать о затмениях — это просто бальзам, к тому же я никогда не печатался в данном журнале, а я этого очень хотел.

Но тот факт, что мои статьи в этом журнале никогда не публиковались, вызывал у руководства некоторую тревогу, и потому со мной решили поговорить, пригласив в свой офис.

Я пришел на беседу и очень внимательно выслушал все, что от меня хотят, пообещав учесть все пожелания.

Но тут вдруг один из редакторов произнес:

— Вы можете дать нам описание полного затмения? Как оно выглядит? Что бы мы увидели? На что оно похоже?

— Хорошо, — сказал я и призвал себе на помощь все мастерство, что приобрел за годы литературного труда. В самых живописных эпитетах я дал описание полного солнечного затмения. Когда мое красочное описание завершилось, работники редакции были готовы разрыдаться.

— Хорошо, — сказали они. — Напишите нам эту статью точно так, как вы сейчас рассказали.

Я написал, статья им понравилась, я получил за нее деньги. Ее опубликовали, и все было замечательно.

Только одно меня тревожило все это время. Описывая полное затмение в самых мельчайших подробностях, очень боялся, что все пойдет насмарку, если кто-нибудь задаст один-единственный вопрос.

А вопрос был такой: «А вы сами, доктор Азимов, видели полное затмение?»

Конечно же я мог ответить только отрицательно.

Но в редакции я призвал себе в помощь все свое литературное мастерство, а моим ремеслом, надо заметить, является фантастика.

Больше я не позволю себе так волноваться, как волновался в редакции газеты, когда поспешно придумывал отговорки на тот случай, если мне зададут каверзный вопрос. Пусть я что-то не видел, но я не буду этого бояться. Вот таким, нераскаявшимся, я снова приглашаю читателя обратиться к Солнцу.

Те, кто неразумно попытается вглядеться в полуденное Солнце, увидят круг, внутри которого нет ничего, кроме ослепительно белого цвета. Когда-то между теологами шел спор: является ли Солнце несовершенным творением Бога или же Бог не имеет несовершенных творений вообще.

И потому многих теологов весьма обеспокоило, когда в 1610 году Галилей сообщил о своем открытии, что на Солнце есть пятна. Как только этот тревожный факт был обнародован, несмотря на весь гнев служителей церкви, многие тут же увидели эти пятна. В самом деле, некоторые пятна достаточно велики, чтобы можно было разглядеть их невооруженным глазом. Когда в ясный день Солнце находится близко к горизонту, оно приобретает красный цвет и на него можно смотреть без риска повредить глаза. В это

время иногда вполне можно разглядеть большие пятна.

Эти пятна заметны потому, что на Солнце есть области, которые холоднее окружающих. Такие области выглядят более темными. Темное на светлом невозможно не заметить.

Ну а что, если какая-нибудь область на Солнце будет горячее, чем окружающий ее район? В этом случае область станет необычно яркой. Но яркое пятно на ярком фоне заметить гораздо труднее, и, видимо, потому за два с половиной столетия после обнаружения на Солнце холодных пятен горячие пятна никто не мог определить.

Обнаружил их Ричард Кристофер Кэррингтон, английский астроном. Он взял на себя трудную задачу наблюдения за пятнами на Солнце на протяжении длительного времени и определил точное время вращения Солнца на различных широтах (газообразное тело не вращается единой массой, как тело твердое).

В 1859 году Кэррингтон заметил на поверхности Солнца короткую яркую вспышку. Это выглядело так, словно перед Солнцем зажглась маленькая звездочка. Кэррингтон сообщил об этом и дал свое объяснение. В то время астрономы рассматривали возможность того, что Солнце может быть источником метеоров, которым за счет своей энергии придает большую скорость, — и Кэррингтон решил, что наблюдал исход особо крупного метеора.

Это была очень интересная гипотеза, но неверная.

Хотя светлое пятно на светлом фоне разглядеть трудно, с помощью длины световых волн сделать это несколько проще. Если же наблюдать Солнце во всем диапазоне частот, то распознать более светлый участок сложно, а порой и невозможно.

В 1889 году американский астроном Джордж Эллери Хейл изобрел спектрогелиограф, устройство, при помощи которого можно было бы фотографировать Солнце в узком диапазоне частот. Устройство позволяло отфильтровать лишь свечение водорода или кальция. Свечение кальция давало возможность, к примеру, определить на Солнце районы с большим содержанием кальция; они выглядели на фотографиях подобно изображениям летних облаков в небе над Землей.

Используя спектрогелиограф, можно было получить статические изображения Солнца, но при этом терялась возможность уловить скоротечные события, если только не производилось значительное число снимков за сравнительно короткий промежуток времени.

В 1926 году Хейл реконструировал спектрогелиограф таким образом, что стало можно наблюдать спектральные линии за определенный промежуток времени. Этот прибор позволил фиксировать быстрые изменения намного эффективнее.

И еще не настали 1930-е годы, как уже при помощи свечения водорода было определено, что вспышки на Солнце довольно часто совпадают с солнечными пятнами. Было похоже на то, что на Солнце происходят взрывы, внезапные вспышки раскаленного водорода, которые продолжаются пять—десять минут и окончательно пропадают примерно через полчаса-час.

Это явление назвали солнечными вспышками. Стало понятно, что Кэррингтон семьюдесятью годами ранее наблюдал необычно яркую вспышку.

Когда вспышка происходит на обращенной к нам стороне Солнца, видно только несколько более яркое свечение и расширяющееся пятно. Однако иногда случается видеть вспышку на самом

краю солнечного диска. В этом случае мы видим «в профиль» огромный взрыв ярко светящегося газа, всего за секунду поднимающегося на высоту 600 миль. Этот газ может подниматься на высоту около 5000 миль над поверхностью Солнца.

Небольшие вспышки случаются довольно часто, в некоторых районах на поверхности Солнца их довольно много; за день можно заметить около ста, особенно когда пятна растут. Однако очень сильные вспышки, которые выдает яркий белый свет (наподобие той, что наблюдал Кэррингтон), крайне редки. В год их наблюдается всего несколько.

По спектру удалось определить, что вспышки имеют температуру около 20 000°, тогда как на «спокойной» поверхности Солнца температура составляет 6000°, а в центре темных пятен она равна 4000°.

Вспышки на Солнце — важный фактор солнечной активности. При них энергия определенным образом переходит от пылающей солнечной поверхности в тонкую атмосферу Солнца, или корону. На эту энергию оказывают воздействие атомы короны, которых намного меньше, чем на поверхности Солнца. Это значит, что энергии на один атом гораздо больше в короне, чем на солнечной поверхности, а под «энергией на один атом» мы подразумеваем температуру.

И потому нет ничего удивительного в том, что если на поверхности Солнца температура составляет 6000°, то в короне она может достичь 2 000 000°. Интенсивность излучения и его частота зависят от температуры, потому корона на единицу массы излучает больше, чем солнечная поверхность. Только потому, что корона имеет малую массу, она выгля-

дит столь слабой. Более того, излучение короны несет намного больше энергии, чем излучение с поверхности, и именно из короны исходит рентгеновское излучение.

Но не вся электромагнитная энергия исходит непосредственно от Солнца. Турбулентная солнечная атмосфера имеет свои потоки материи, и часть этой материи улетает от Солнца, даже несмотря на колоссальную солнечную гравитацию. Из солнечной атмосферы постоянно исходят частицы, которые уже никогда не возвращаются обратно.

В абсолютных величинах масса потерянных таким образом частиц просто колоссальна по земным стандартам, поскольку составляет миллионы тонн в секунду. Но по солнечным меркам это ничто — если бы даже потери Солнца всегда происходили с той же скоростью, что и сейчас, то потребовалось бы 600 триллионов лет, чтобы Солнце потеряло 1% массы.

Эти частицы, разлетаясь во все стороны от Солнца, составляют так называемый солнечный ветер.

Солнечный ветер достигает Земли и, конечно, идет дальше. Непосредственно на Землю попадает лишь ничтожная часть испущенных Солнцем частиц, а именно лишь три четверти фунта в секунду. Это немного с точки зрения массы, но с чисто количественной точки зрения говорит о том, что каждую секунду окрестностей Земли достигает 100 триллионов солнечных частиц.

Если бы Земля не имела атмосферы или магнитного поля, частицы, достигающие окрестностей Земли, попали бы непосредственно на поверхность планеты. К примеру, они свободно достигают поверхности Луны, и потому образцы доставленного астронавтами грунта с планеты содержат большое число гелия, появившегося здесь только благодаря

солнечному ветру, частицы которого, разумеется, содержат элементы, существующие на Солнце. Солнце состоит в основном из водорода, из прочих же элементов главное место занимает гелий. Температура короны, через которую проходит солнечный ветер, превращает эти элементы в мешанину электронов и атомных ядер. Ядром водорода является протон, а ядром гелия — альфа-частица.

Протоны массивнее электронов, и их намного больше, чем еще более массивных альфа-частиц, — и если принимать во внимание как число, так и массу, то главный компонент солнечного ветра — протоны. Любое увеличение плотности ветра из-за какого-либо события на Солнце можно назвать «протонным событием».

Поскольку Земля имеет магнитное поле, электрически заряженные частицы солнечного ветра (один положительный заряд у протонов, два — у альфа-частиц и один отрицательный заряд у электронов) обходят Землю по силовым магнитным линиям. Это значит, что они идут по спирали от одного магнитного полюса к другому, наматывая виток за витком. Эти движущиеся по силовым линиям магнитного поля частицы составляют магнитосферу.

Магнитосфера наиболее близко подходит к поверхности Земли у магнитных полюсов, и именно в этом месте частицы могут легко проникнуть под магнитосферу и попасть в верхние слои земной атмосферы. Взаимодействие заряженных частиц и атомов верхних слоев атмосферы приводит к появлению полярного сияния в виде перемещающихся в небе «потоков» и «занавесов».

Но что же происходит, когда на солнечной поверхности появляется вспышка? Локально поднимается температура, и в данном месте увеличивается турбулентность, а в результате высвобождается

энергия и частицы переходят в корону над местом вспышки. Температура короны увеличивается, усиливается ультрафиолетовое излучение и испускание рентгеновских лучей из этого места. Поток дополнительных частиц также приводит к появлению солнечного ветра. Другими словами, вспышка на Солнце становится причиной «протонного события».

Усиление солнечного ветра над особенно большой вспышкой может быть столь великим, что ускорившиеся протоны приобретают достаточно энергии, чтобы считаться слабыми космическими лучами.

Если вспышка на Солнце происходит в направлении Земли или близко к этому, через несколько минут до нас доходит выброс радиационного излучения, а через пару дней добирается и «порыв» солнечного ветра. То, что солнечный ветер дошел до нашей планеты, можно заметить по внезапному расширению северного сияния и увеличению его яркости.

Излучение от вспышки и последующий поток заряженных частиц заметно меняет ситуацию в верхних слоях земной атмосферы. А это может привести к сильным помехам в электронном оборудовании и даже временно разрушить заряженные слои в верхних слоях атмосферы, из-за чего радиоволны перестают отражаться вниз к Земле и уходят в космос. Радиоприем может совершенно прекратиться, а радары стать бесполезными.

Подобные явления обычно называют магнитными бурями, потому что один из признаков вспышки на Солнце — быстрая смена направления магнитной стрелки, которая перестает постоянно указывать на магнитные полюса.

Изменения направления магнитной стрелки и усиление северного сияния — явления довольно

интересные, но в наше время они не имеют особого значения. Другое дело — прекращение радиосвязи. Это может серьезно навредить промышленности и населению в связи с широким распространением электроники. В особенно ответственные моменты (к примеру, во время войны или локального конфликта) может оказаться, что радары покажут неверную картину, управляемые по радио ракеты собьются с курса, все виды радиосвязи могут прекратить работу или работать с перебоями.

Понятно, как важно предсказать появление вспышек, чтобы не оставлять в открытом космическом пространстве или на поверхности Луны астронавтов, а также чтобы в случае необходимости перейти на альтернативные виды связи в зоне боевых действий на Земле.

Было бы лучше всего отыскать причины вспышек — их мы еще не знаем. Поскольку вспышки характеризуются тем, что возникают в районе солнечных пятен, можно предположить, что если бы мы знали причину появления солнечных пятен, то смогли бы понять, что их вызывает, но мы не знаем и причины появления солнечных пятен.

Однако попытаемся рассуждать следующим образом...

Солнечные пятна говорят о несимметричности Солнца. Они возникают в определенном месте на поверхности, что свидетельствует об отличии этого места от других. Но как это может произойти? Почему все части солнечной поверхности не имеют одинаковые свойства? Ведь Солнце представляет собой сферу, причем довольно совершенную. Относительно центра любое изменение должно быть симметричным.

На Земле мы наблюдаем изменения погоды. Шторм может возникнуть в одном месте и раз-

рядиться в другом. В одном месте дует легкий ветерок, в другом бушует мощный торнадо. В одном месте засуха, а в другом — наводнение. Но все это — результат значительной асимметрии, потому что одна сторона Земли нагревается солнечным теплом, а другая остывает. И даже на обращенной к Солнцу стороне разные участки поверхности Земли нагреваются с разной интенсивностью и в разное время.

На Солнце же не видно причин для значительной асимметрии. Почему же и здесь есть что-то вроде нашей погоды: возникающие и исчезающие пятна?

Но следует заметить, что Солнце вращается, а разница центробежных сил на различных широтах различна. На полюсе центробежных явлений нет, максимальное же действие центробежные силы оказывают на экваторе; промежуточные участки имеют и промежуточные значения. Вращение может также внести асимметрию и в более глубинные слои Солнца.

Не было бы ничего удивительного, если бы солнечные пятна имели какое-то отношение к широте. Наше предположение совершенно верно: солнечные пятна, как правило, появляются между 5° и 30° как северной, так и южной широты.

В пределах этих широт пятна появляются с определенной регулярностью. Их число возрастает до максимума, затем снижается до минимума, после чего снова достигает максимума, с периодом в одиннадцать лет. Немедленно после минимума пятна появляются примерно на 30° северной и южной широт. Увеличиваясь численно, они год за годом медленно перемещаются по направлению к экватору, близ которого их количество уменьшается. Когда в 5° от экватора пятна исчезают, в 30° появляются новые.

Никто не знает, почему цикличность появления пятен именно такова, но не может ли это быть обусловлено какой-нибудь асимметрией, более сложной, чем вызванная вращением Солнца? Если это так, то откуда может появиться эта асимметрия? Скорее всего, причина этого — воздействие какой-нибудь из планет.

Но как планеты могут оказывать влияние на Солнце? Без сомнения, только при помощи гравитационных полей. Эти поля вызывают приливы на Солнце и некоторую его кривообразность.

К примеру, Луна вызывает приливы на Земле по причине того, что обращенная к Луне поверхность Земли притягивается сильнее, чем обратная сторона Луны. Именно разница в притяжении приводит к появлению эффекта прилива.

Величина приливного эффекта зависит от трех факторов. Первый — масса вызывающего приливы тела: чем она больше, тем больше сила притяжения. Второй фактор — это диаметр тела, на которое действует притяжение: чем больше диаметр, тем больше разность в силе притяжения на противоположных участках. Третий фактор — расстояние между телами: чем больше расстояние, тем слабее притяжение и, следовательно, меньше разница в силе притяжения на противоположных сторонах.

Принимая к рассмотрению все эти три фактора, мы можем составить следующую таблицу:

Система	Относительный приливной эффект
Луна на Землю	7000
Солнце на Землю	3200
Земля на Солнце	1

Приливное воздействие Земли на Солнце составляет всего одну десятитысячную от эффекта, кото-

рый Солнце и Луна оказывают на Землю, но, возможно, этот эффект отнюдь не малозначителен.

А как насчет приливного эффекта других планет? Если взять приливное воздействие Земли за единицу, совсем нетрудно найти относительное приливное воздействие других планет на Солнце. Ниже приведены результаты:

Планета	Относительное приливное воздействие на Солнце
Меркурий	0,7
Венера	1,9
Земля	1,0
Марс	0,03
Юпитер	2,3
Сатурн	0,11
Уран	0,0021
Нептун	0,0006
Плутон	0,000002

Из таблицы видно, что самый большой приливной эффект у Меркурия, Венеры, Земли и Юпитера. Все остальные планеты, вместе взятые, оказывают воздействие примерно в пять раз меньшее, чем Меркурий, самый последний из первой четверки. Таким образом, мы можем назвать Меркурий, Венеру, Землю и Юпитер «приливными планетами».

Когда эти планеты совершают оборот вокруг Солнца, каждая из них вызывает на Солнце пару выпуклостей (одна по направлению к планете, другая с противоположной стороны). Эти выпуклости могут быть очень малы, буквально в несколько сантиметров, но даже такая небольшая разность в уровне может оказаться важной.

В случае движения четырех отдельных возвышений по поверхности Солнца возможно возникновение особых критических моментов, когда в результате наложения нескольких возвышенос-

тей какая-то часть поверхности Солнца поднимается или опускается с необычайной скоростью. Может ли это заставить перемещаться солнечные пятна? Возможно также, что существует периодически повторяющийся цикл в перемещении выпуклостей, который совпадает с перемещением солнечных пятен по широте.

Конечно, очень трудно найти соответствие в появлении солнечных пятен с комбинациями приливных выпуклостей, поскольку движение пятен очень медленно, а вспышки на Солнце крайне кратковременны, причем большие вспышки исключительно редки. А могут ли большие вспышки совпадать с какими-нибудь особенно необычными положениями планет?

Возможно!

Доктор Близард, физик из университета Денвера, изучил связь между «протонными событиями» и определенными комбинациями положений планет. Среди таких комбинаций в первую очередь были рассмотрены случаи, когда планеты выстраивались на одной линии относительно Солнца. Приливные волны могли накладываться друг на друга; если подобное необычайно большое возвышение возникало около турбулентности в районе солнечного пятна, это могло вызвать вспышку.

За период с 1956-го по 1961 год Близард зафиксировал значительное число совпадений. Когда планеты были близки к тому, чтобы встать в линию, иногда происходили вспышки. Но подсчет показал, что полное совпадение происходило только в одном случае из двух тысяч. На основе полных совпадений Близард попытался рассчитать новые вспышки — и его прогнозы оправдались в 60% случаев.

Здесь мы можем вернуться к астрологии, которую обсуждали в первой главе. Я писал в ней,

что астрологи пытались подвести рациональное обоснование — хотя бы и слабое — под свои измышления, и я подозреваю, что работы Близарда во многом бы им помогли.

На протяжении уже многих лет астрономы и те, кто не связан с астрономией, пытались понять, какое воздействие оказывают на Землю солнечные пятна. Увеличивают ли они солнечное излучение? Приводят ли к засухам, неурожаям, воздействуют ли на цены, вызывают ли экономическую депрессию или денежную инфляцию, провоцируют ли войны и так далее?

Когда были обнаружены вспышки на Солнце, поначалу казалось, что они влияют на Землю даже больше, чем солнечные пятна. Ведь они буквально пронизывают земную атмосферу заряженными частицами, а это может привести к дождям, что, в свою очередь, влияет на урожай... Кроме того, неизвестно, какие еще, малозначительные на первый взгляд, изменения могут произойти, когда большое число заряженных частиц обрушивается на Землю?

Трудно сказать, почему доктор Близард пришел к мысли, что усиление и ослабление солнечного ветра может зависеть от положения планет и что положение планет, как утверждали астрологи, и в самом деле оказывает воздействие на судьбу. Я думаю, что Близард рассуждал следующим образом:

1. Положение планет влияет на возникновение вспышек на Солнце.

2. Солнечные вспышки, в свою очередь, влияют на солнечный ветер.

3. Солнечный ветер влияет на Землю.

4. В силу этой взаимосвязи положение планет в момент рождения ребенка может повлиять на всю его последующую жизнь.

Я уверен, что астрологи с удовольствием используют эту логическую цепочку, чтобы оправдать составленные астрологические прогнозы вроде этих:

«Овен. Окажите моральную — но не денежную — поддержку своему другу при решении им материальных вопросов. От этой поддержки не ожидайте взаимности».

«Скорпион. Не верьте своему советчику по инвестированию — есть факты, о которых он не знает».

Конечно, даже среди самых просвещенных моих читателей найдутся такие, кто послушается подобных советов и посчитает, что все же существует некая связь между положением планет и Овном, который должен оказать моральную поддержку, и Скорпионом, который не должен верить советчику по инвестированию.

Если подобная мысль у вас появилась, то постарайтесь от нее избавиться. Я совершенно уверен, что искать какую-то взаимосвязь между положением планет и человеческой судьбой так же нелепо, как искать связь между отрыжкой стада гиппопотамов в камышах Нила и колебаниями выпуска стали на заводах Гэри в штате Индиана.

Глава 3
ЛУННЫЙ КРУГ ПОЧЕТА

Когда я был молод, отец заметил мое пристрастие к научной фантастике. Он спросил меня:

– Научная фантастика? «Путешествие на Луну»? Ага! Скажи мне, может, ты даже читал книги Жульверна?

Я с удивлением уставился на него.

— Кого?

— Жульверна, — повторил он.

Я был озадачен. Считал, что знаю всех известных писателей, а уж в области научной фантастики — даже малоизвестных. Мне было крайне неприятно узнать, что это не так.

— А что он писал? — спросил я.

— Научную фантастику. «С Земли на Луну» и так далее. О, он написал и книгу о человеке, который объехал Землю за восемьдесят дней.

И тут я понял, кого имел в виду отец. Я хорошо знал этого автора, но мой папа слышал его имя только во французском произношении. Я сказал (мой бруклинский акцент от волнения стал еще ощутимее):

— Да, конечно. Автор, о котором ты говоришь, — Жюльз Войн.

Мой папа спросил:

— Кто?

Даже притом, что мы слышали имя Жюля Верна на разных языках, оказалось, что мы оба — и мой папа, и я — любили научную фантастику. И потому мне было особенно радостно, что, когда Нейл Армстронг ступил на Луну, это произошло не только при моей жизни, но и при жизни моего отца.

Мне кажется просто удивительной скорость технологического прогресса, если вспомнить, что ко времени рождения моего отца (21 декабря 1896 года) ни одному человеку за всю историю человечества не удавалось оторваться от Земли на летающем аппарате с мотором. Существовали только планеры и воздушные шары, но они просто подчинялись воле стихии и иногда использовали силу ветра.

Только 2 июля 1900 года, когда моему отцу было три с половиной года, совершился первый действительно управляемый полет (нет, эта дата не ошибочна, поскольку я говорю не о братьях Райт).

Этот полет совершил граф Фердинанд фон Цеппелин. Он задумал заключить воздушный шар в сигарообразную алюминиевую конструкцию, что сделало сооружение прочнее и аэродинамичнее. К этой конструкции он подвесил гондолу с двигателем внутреннего сгорания, который должен был приводить в движение пропеллер и толкать гондолу и шар вперед даже против ветра.

Граф фон Цеппелин изобрел шар-дирижабль — шар, управляемый в полете. Позднее шар-дирижабль стали называть просто дирижаблем, а в Германии — цеппелином.

17 декабря 1903 года, всего за несколько дней до того, как моему отцу исполнилось семь лет, братья Райт запустили свой аэроплан, и это был первый управляемый полет устройства тяжелее воздуха.

16 марта 1926 года, когда моему отцу было двадцать девять лет, Роберт Хатчингс Годдард запустил первую жидкостную ракету. Ракета пролетела всего 184 фута, но это было только начало. К 1944 году, когда моему отцу исполнилось сорок семь, намного большими по размерам жидкостными ракетами, запущенными Вернером фон Брауном, обстреливали Лондон.

В октябре 1957 года ракетоноситель впервые вывел объект на орбиту Земли; моему отцу тогда было шестьдесят лет. 12 апреля 1961 года, когда моему отцу исполнилось шестьдесят четыре, первый управляемый человеком аппарат был выведен на орбиту Земли.

И наконец, 20 июля 1969 года, когда моему отцу было семьдесят два с половиной года, чело-

век впервые ступил на поверхность Луны. Все эти достижения свершились за одну, не самую продолжительную жизнь.

Можно надеяться, что стремительное развитие космических технологий продолжится. Луну посетят еще много раз, все дольше оставаясь на ее поверхности. Здесь будет проведено много экспериментов. В конце концов на Луне появится постоянная база, которая со временем превратится в колонию.

По мере претворения всего этого в жизнь в газетах и на телевидении все чаще будут упоминаться названия различных местностей на Луне. И это замечательно, поскольку оживет множество романтических названий и имен замечательных и великих людей прошлого.

Но пока все эти названия не стали обыденными, давайте рассмотрим некоторые из них.

То, что отдельные области Луны нужно както обозначать, никому не приходило в голову до июня 1609 года, когда Галилей посмотрел на Луну через свой телескоп. Только после этого события астрономы поняли, что у Луны не однородная плоская (за исключением нескольких участков) поверхность (подобное никому не приходило в голову, поскольку Аристотель постановил, что небесные тела имеют совершенную форму). Оказалось, что на Луне есть горы и долины и что поверхность по меньшей мере столь же разнообразна и неровна, как и на Земле.

Галилей составил первую карту Луны, на которой было показано несколько кратеров и один или два больших темных района. Другие астрономы, владевшие лучшими приборами наблюдения, смогли разглядеть лунную поверхность подробнее и составить более детальные карты. Им показалась соблазнительной идея дать

различным объектам лунной поверхности названия.

Первым, кто составил карту лунной поверхности, достаточно понятную, чтобы мы могли пользоваться ею и в наши дни, был немецкий астроном Ян Гевелий. (На самом деле Ян Гевелий польский астроном. — *Примеч. пер.*)

В 1647 году он опубликовал огромный том под названием «Селенография» («Селенография, или Описание Луны». — *Примеч. пер.*), который содержал атлас лунной поверхности. Астроном дал названия всем объектам лунной поверхности, избегая использования личных имен из-за боязни вызвать зависть и месть. Он исходил из принятого тогда взгляда, что Луна — это по большому счету та же Земля, но меньших размеров. И потому для «Селенографии» были выбраны географические названия. Расположенным на лунной поверхности гористым областям дали земные названия: Альпы, Апеннины, Карпатские горы, Кавказские горы и Таврические горы.

Эти названия остались и по сей день, но, конечно, их существование может привести к недоразумениям. Такое случается даже в наши дни и, несомненно, будет иметь место и в будущем, когда речь зайдет о лунных Альпах, лунных Апеннинах и так далее.

Именно Гевелий назвал большие темные области морями. К тому времени уже было ясно, что на Луне нет ни воды, ни воздуха, но Гевелий стремился использовать земные термины как только это было возможно.

По счастью, он не стал давать морям названия аналогичные земным. Здесь он пофантазировал вволю.

Поскольку названия Гавелий писал по-латыни, он обозначал каждое море словом «mare»; множе-

ственным числом было «maria» (с ударением на первый слог). Это было разумно, поскольку лунные моря — это не моря в привычном понимании и иное их обозначение избавляет от путаницы, хотя в отдельных случаях можно использовать слово «море» ради удобства или (конечно же) в поэзии.

И потому район, в котором приземлились астронавты «Аполлона-11», находится на краю Mare Tranquillitatis, что может быть переведено как Море Спокойствия. Помня о неизменности лунной поверхности (за исключением случайных ударов метеоритов, редкого раскалывания камней ввиду изменений температуры, случающихся время от времени выбросов газа и изливания лавы из расщелин на поверхности), можно признать это название исключительно удачным. Почти столь же удачно назвали Mare Serenitatis, или Море Ясности.

Другие названия менее удачны, но похоже, они останутся прежними, даже несмотря на то, что в большинстве своем имеют отношения к воде, которой на Луне явно нет. Мы перечислим некоторые из них:

Mare Imbrium — Море Дождей;
Mare Nectaris — Море Нектара;
Mare Humorum — Море Влажности;
Mare Spumans — Море Пены;
Mare Vaporum — Море Паров;
Mare Undarum — Море Волн.

Наиболее неподходящим названием оказалось Mare Foecunditatis — Море Изобилия.

Одно особенно большое море имеет название Oceanus Procellarum — Океан Бурь. Небольшие темные области, соответственно, называются более скромно. На Луне есть Lacus Somniorum — Озеро Сновидений. Существуют также разделен-

ные возвышенностью Sinus Iridum — Залив Радуги и Sinus Roris — Залив Росы.

Несколько областей имеют очень точные название. К примеру, плоская область в самой середине видимой поверхности Луны называется Sinus Medii — Центральный Залив.

Сложнее обстоит дело с названием кратеров. Перевести их сложно, а их латинские названия труднопроизносимы.

Причиной стал итальянский астроном Джованни Баттиста Риччоли, который в 1651 году выпустил книгу под названием «Новый Альмагест», в которую включил свою карту лунной поверхности — надо заметить, сильно уступающую карте Яна Гевелия.

Риччоли отступил от правила Гевелия не давать районам лунной поверхности имена, он присвоил кратерам фамилии известных астрономов и других выдающихся людей.

Особенностью теории Риччоли было то, что он отвергал взгляды Коперника, поместившего Солнце в центр планетарной системы. Риччоли был консерватором, он во всем следовал господствующим долгое время астрономическим представлениям древних греков. Астроном считал Землю центром Вселенной и был уверен, что небесные тела движутся по совершенным кругам. Он знал о теории Кеплера, что планеты (в том числе и Земля) ходят вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, но отвергал ее, не желая это даже как-то аргументировать. Тем, кто говорил, что система Коперника, помещающая Солнце в центр, намного совершеннее, поскольку гораздо проще системы Птолемея объясняет движение планет, Риччоли возражал, что чем система сложнее, тем

явственнее она свидетельствует о величии и славе Бога.

Еще в 1577 году датский астроном Тихо Браге нашел компромисс. Он предположил, что все планеты (исключая Землю) движутся вокруг Солнца по окружностям — как предложил Коперник, — но Солнце с вращавшимися вокруг него планетами движется вокруг Земли. Эта система имела много преимуществ относительно системы Коперника и не подвергала сомнению основной тезис древних греков, что Земля является центром Вселенной.

Этот компромисс был мертворожденным, тем не менее некоторые консерваторы уцепились за него, поскольку только он позволял как-то сохранить доктрину о центральном положении Земли (отказ от этой концепции мог привести к нежелательным изменениям в религиозных вопросах). Риччоли был одним из тех, кто придерживался взглядов Тихо Браге.

И потому названия Риччоли для кратеров отразили его отношение к астрономам того времени.

На поверхности Луны имеется три особенно крупных кратера; по всей видимости, они возникли сравнительно недавно. От центра каждого кратера во всех направлениях расходятся лучи, которые, вероятно, состоят из пыли и появились в момент образования кратеров. Все большие кратеры имеют несколько подобных лучей, которые иногда пересекаются лучами от ударов космических тел о лунную поверхность. Однако в районе трех кратеров, о которых я веду речь, по всей видимости, не было сильных ударов.

Самый большой из трех кратеров располагается около южного полюса Луны. Когда солнечные лучи освещают этот кратер, он становится особенно ярким. Кратер и его лучи явственно вы-

деляются на окружающем фоне. Луна даже кажется апельсином с пупком, где пуп — это кратер. Наивным людям кратер может показаться северным полюсом, от которого отходят лучи-меридианы. Кратер — наиболее значительный объект на Луне, как на видимой ее стороне, так и на обратной.

Как вы думаете, какое название придумал для него Риччоли? Об этом легко догадаться в свете всего вышесказанного. Он назвал его Тихо.

Два других кратера, также внушительные по размерам, но меньшие, чем Тихо, получили имена Коперника и Кеплера. Но не будем жаловаться на то, что имена этих ученых получили меньшие объекты, — в конце концов, Риччоли простил им, что они были приверженцами системы центрального положения Солнца.

Около центра видимой части лунного диска находится еще одна группа из четырех кратеров, расположенных словно на углах ромба..

Самому большому из них Риччоли дал имя Клавдия Птолемея, астронома, систематизировавшего во II столетии н. э. работы греческих астрономов в книге, которой (одной из немногих) было суждено сохраниться. Почитавшие его греки называли Птолемея Megiste — Величайший, арабы присоединили к этому титулу определенный артикль арабского языка и получилось Альмагест. Вспомним, что Риччоли назвал свою книгу «Новый Альмагест».

К северо-востоку от кратера Птолемея, на противоположном конце ромба, располагается несколько меньший по размерам кратер, который Риччоли назвал Гиппарх. Гиппарх — самый великий из астрономов Древней Греции, его труды были утеряны, но, полагают, послужили основой, на которой Птолемей создал свою систему. Гип-

парх был первым, кто подвел под теорию о центральном положении Земли во Вселенной приемлемую для того времени математическую базу, хотя названа она была Птолемеевой системой — в честь Птолемея, который обобщил астрономические знания своего времени. Птолемею на Луне достался и больший по размерам кратер. В науке господствует такая же несправедливость, как и в жизни.

Два других кратера получили названия в честь средневековых приверженцев взглядов Птолемея. Один из них получил имя Альбатегниус, что является латинизированной версией имени арабского астронома X века Аль-Баттани, самого великого из всех астрономов Средневековья.

Другой кратер, расположенный к северу от кратера Птолемея и даже как бы заползающий на него, получил имя кастильского монарха Альфонса X, известного также под именем Альфонс Мудрый. С точки зрения политики и военного дела это был монарх-неудачник, но прославился он своей ученостью, поддержкой учебных заведений, основанием школ и созданием кодекса законов.

Под его покровительством была написана первая история Испании, а евреи Толедо подготовили новый и особенно удачный перевод Ветхого Завета. Он писал стихи и составлял алхимические комментарии.

Его имя появилось на Луне потому, что он стал инициатором пересмотра планетарных таблиц — таблиц, по которым можно было определить положение планет в любой момент времени, как в настоящем, так и в будущем. (Это была прекрасная идея, но со временем таблицы все меньше и меньше соответствовали истинному положению вещей.) Таблицы были опубликованы в 1252 году, в день восшествия монарха на трон.

Эти «Таблицы Альфонса» представляли собой лучшее, что было написано по астрономии в Средние века.

Риччоли, по всей видимости, колебался, стоит ли давать имя Альфонса столь большому кратеру. Было известно, что этот король-астроном сомневался в правильности Птолемеевой системы. Считалось, что во время утомительных математических вычислений, базировавшихся на теории о центральном положении Земли, Альфонс в досаде заявил, что, если бы Бог в свои семь дней творения спросил его мнение, он бы очень порекомендовал более простое устройство мира.

Тем астрономом древности, который, по всей видимости, оказал наибольшее влияние на установление современных взглядов, был живший в IV столетии до нашей эры Аристарх.

Именно он смог первым точно измерить расстояние до Луны; то же он пытался сделать и с Солнцем. Его метод измерений был совершенным по замыслу, но у Аристарха не было необходимых приборов, что не позволило греку сделать точные измерения. Определенное им расстояние до Солнца оказалось очень далеким от истины.

Аристарх был первым, кто выдвинул предположение, что планеты, в том числе и Земля, вращаются вокруг Солнца. Над его взглядами греки только от души посмеялись, и один философ (стоик Клеант) даже потребовал, чтобы Аристарха судили за неуважение к богам. Труды Аристарха до наших дней не дошли, поскольку мало кто из писцов взялся переписывать столь смехотворные теории. Мы знаем об Аристархе лишь благодаря насмешливым упоминаниям о нем других греческих философов.

Благодаря этим насмешкам о взглядах Аристарха узнали в Средние века. Похоже на то, что Коперник имел представление об идеях Аристарха, поскольку в одной своей рукописи он упомянул о них, хотя позднее он это место из осторожности зачеркнул.

Можно задать вопрос: почему мы говорим о системе Коперника, а не о системе Аристарха? В данном случае это не является несправедливостью — Коперник заслужил эту честь. Хотя у Аристарха возникла правильная идея, он не нашел математических соотношений, описывающих движение тел на основе центрального положения Солнца. Одной из причин, по которой греки пошли за Гиппархом и его системой с Землей в центре, было то, что Гиппарх подкрепил свою точку зрения необходимыми математическими расчетами.

Коперник стал первым, кто подвел математическую базу под гелиоцентрическую систему, и потому она по праву называется Коперниковой.

Риччоли оказался достаточно великодушен, чтобы дать одному из кратеров имя Аристарха, но и здесь сказались его предубеждения. Если Гиппарх и Птолемей получили большие, размещенные в центре кратеры, то Аристарху достался маленький, далеко на северо-западе.

Самый большой кратер, ясно видимый на обращенной к нам стороне Луны, был назван Клавий. Эта честь была оказана немецкому астроному, очень известному в свое время, но совершенно забытому в наши дни. Его главной заслугой в глазах Риччоли являлось, конечно, то, что он отрицал систему Коперника.

Риччоли использовал для обозначений кратеров не только имена астрономов. Он также давал им имена политиков и других выдающихся лиц,

к которым чувствовал симпатию и которых, как он полагал, следовало прославить.

После Риччоли получили названия и другие кратеры, в честь разных выдающихся лиц. Теперь на поверхности Луны можно найти великое множество имен ученых, по большей части астрономов.

Таким образом, карта Луны превратилась в настоящий перечень (или, скорее, почетный список) астрономических достижений. Благодаря Риччоли и другим астрономам здесь можно найти немало философов древности. В дополнение к уже упомянутым в названиях кратеров присутствуют имена Анаксагора, Анаксимандра, Анаксимена, Архимеда, Аристотеля, Эратосфена, Евклида, Евдокса, Филолая, Посидония, Пифагора и Фалеса.

Все это произносится довольно трудно.

В этом «почетном списке» в названиях кратеров встречаются имена и некоторых арабских астрономов. Одним из них является Арзахель — живший в Испании мусульманский астроном. Его истинное имя было Ибн аз-Заркали. Я не уверен, что, когда пишу «Арзахель», это правильно.

Есть относительно недавно названные кратеры, с которыми тоже возникают некоторые проблемы. В XVIII веке жил французский ученый по имени Жан-Сильван Байи, который писал историю астрономии. Он участвовал во Французской революции и стал в 1789 году мэром Парижа. В то время французские политики нередко кончали дни на гильотине, и Байи не стал исключением. Его жизнь оборвалась в 1793 году.

В свое время в честь него был назван кратер, довольно большой, даже больший, чем Клавий, но расположенный столь далеко к краю, что его обнаружили, только когда к Луне полетели ракеты.

Среди современных астрономов в «почетном списке» можно найти имена Бесселя, Бонда, Кассини, Фламмариона, Флемстида, Гершеля, Хаггинса, Ласселла, Мессье, Ньютона и Пикеринга. Из знаменитых людей, которые не были астрономами, можно найти Кювье, Герике, Гуттенберга, Геродота и Юлия Цезаря. Один кратер носит имя самого Риччоли, а один назван на божественный лад Рабби Леви.

Советские астрономы продолжили традицию Риччоли и дали названия многим кратерам на обратной стороне Луны, причем сделали очень важное нововведение. Они дали одному кратеру имя писателя-фантаста — Жюля Верна.

Я не хотел бы, чтобы это сочли наглостью (так наверняка и будет, и вы знаете почему. — *Примеч. авт.*), но я думаю, что стоило бы упомянуть и других писателей научной фантастики. К примеру, один кратер мог бы получить имя Эдгара Аллана По, а другой — Герберта Джорджа Уэллса.

Кроме того, я считаю, что один из кратеров должен быть назван в честь ныне покойного великого писателя в области научной фантастики Вилли Ли, который больше, чем кто-либо другой, сделал для того, чтобы человечество начало думать о ракетах. Этот писатель скончался за три недели до высадки на Луну, чего он ждал всю жизнь. Наверняка какой-нибудь кратер ждет, чтобы его назвали именем Вилли Ли (когда я уже написал книгу, именно так и случилось).

Но сейчас, с позволения уважаемого читателя, я вернусь к теме, которой начал свое повествование.

4 августа 1969 года, через две недели после высадки на Луне и четыре года назад, мой отец

скончался — без длительных и тяжелых мучений, сохраняя до последних дней активность, как физическую, так и умственную. В память о нем я хотел бы рассказать еще одну историю.

Мой отец всегда считал, что если я стану известен во всем мире, то всего лишь получу то, чего он от меня ожидает, и потому всегда относился к моим успехам спокойно. Я полагаю, он опасался, что выражение его восторга меня испортит. (Однако мне говорили, что, когда я не видел, он часто хвалил меня.)

Только однажды он отступил от своего правила. Он был уверен, что я знаю о науке все, но, когда я решил написать книгу о древней истории, он позвал меня и (глядя в сторону, словно не желая, чтобы я видел его в минуту душевного волнения) спросил:

— Скажи мне, Айзек, как ты смог узнать все эти вещи?

Я ответил:

— Узнал их от тебя, папа.

Он подумал, что я шучу, и мне пришлось объяснить ему, что я думаю, как это сейчас я объясню вам.

Мой отец приехал в Америку без какого-либо образования в общепринятом смысле этого слова (хотя он очень хорошо изучил Талмуд). Он часто помогал с домашними заданиями и привил мне (и моему брату) любовь к учебе и получению удовольствия от разъяснений трудных вещей, причем он привил их столь твердо, что мы уже никогда не потеряем эти способности. Все остальное пришло само собой, без особых усилий с моей стороны.

Эта любовь к учению и разъяснениям, как оказалось, принесла мне существенный материальный успех; но если и не брать в расчет эту сторо-

ну, я получил во много раз больше того, что не измеряется в деньгах или каких-либо других материальных ценностях.

Спасибо тебе, папа.

Глава 4
МИРЫ В БЕСПОРЯДКЕ

В моей книге, посвященной Библии (Asimov's Guide to the Bible; Volume One, The Old Testament (Doubleday, 1968). — *Примеч. авт.*), я имел возможность коснуться описанных в Исходе бедствий, обрушившихся на Египет во времена Моисея. В этой книге я писал:

«Хотя эти бедствия, если бы они были такими же, как описано в Библии, должны были отразиться в записях современников или исторических сводах более позднего времени, за исключением Библии о них не говорит ни один источник. В 1950 году Иммануил Великовский в своей книге «Миры сталкиваются» попытался обосновать бедствия и некоторые другие описанные в Библии события предположением, что Венера в тот период подошла к Земле на опасное расстояние и планеты были близки к столкновению. Какое-то время эта книга была сенсацией у небольшой аудитории читателей, но у астрономов эта версия вызвала самые разные реакции — от удивления до гнева, — и теорию Великовского серьезно не воспринял ни один ученый, даже изучающий Библию».

Вот все, что я написал, и мне казалось, что я говорил вежливо и без излишних эмоций. Тем не менее мои слова вызвали недовольство, и я получил множество писем от приверженцев теории Великовского, в которых содержались попытки

отвергнуть мое невинное заявление, причем с большой горячностью.

Это только подтверждает мое мнение, что, сколь бы глупой ни была выдвинутая теория, всегда найдутся преданные сторонники, которые будут защищать ее насмерть.

Совсем нетрудно понять, почему Великовского поддерживают в определенных слоях общества.

Великовский использует свою теорию для того, чтобы обосновать кое-какие из выдумок Библии (к слову, только Ветхого Завета). У него чудеса появляются не по велению Бога, а в силу катастрофических природных явлений, но это большой разницы не составляет.

Книга Великовского содержит подзаголовок, где его именуют «ученым», хотя этого звания он не заслуживает. Подобной чепухой Великовский стремится доказать, что в Библии написана правда, но в его книге настолько мало науки, что ее можно поместить в ушко иглы и при этом еще и иметь возможность продеть сквозь это ушко нитку.

Тем не менее для тех, кто привык верить Библии, стало большой радостью, что наука (большой противник религии) наконец «объяснила» все чудеса — и потому книга стала бестселлером.

Вторая причина популярности Великовского состоит в том, что его взгляды делают астрономов просто дураками. Представьте — все эти глупые профессора не увидели тех вещей, которые Великовский объяснил столь просто! Всегда приятно осознавать, что какая-то часть власть имущих беспомощна, а научные власти тоже являются частью власть имущих. Ученые в наши дни столь влиятельны, так далеки от общей массы, так величественны в своей самоуверенности, что особенно радостно видеть, когда они оступаются и падают лицом в грязь.

Я подозреваю, что особое удовольствие испытывают те ученые, которые сами не имеют научного склада ума.

Кроме того, всего одно поколение назад ученые-гуманитарии были высшей кастой, а ученые-технари считались грязными парнями, которые работают руками, а не рассуждают о Достоевском. В наши же дни именно технари ценятся больше всего, наиболее влиятельны и чтимы, их больше всего слушают и (боже!) именно они получают щедрое финансирование из правительственных фондов.

Естественно, многие гуманитарии рады всему, что может посрамить технарей. И когда астрономы начали весьма болезненно реагировать на популярность Великовского и попытались обрушиться на него своей мощью, эти гуманитарии сочли, что на их улице наступил праздник. Их познания в науке были столь малы, что они тут же окрестили Великовского новым Галилеем, страдающим за правду.

Даже сейчас некоторые ученые-гуманитарии продолжают сражаться за теорию Великовского, словно львы. Для меня нет ничего удивительного в том, что самое яростное письмо я получил от школьного учителя.

Я не хочу тревожить память покойного, но некоторые из авторов писем, чувствуя себя правыми, просто требовали, чтобы я прочитал Великовского, прежде чем его критиковать. Авторы верили, что, если бы я только познакомился с его трудами, проникся бы истинами из его книг.

Но должен заметить, что я уже читал его и истинами я не проникся. Я думаю, что если сам Великовский верил в то, что написал, значит, он был совершенно безграмотным с научной точки зрения.

Нельзя сказать, что все из «предсказаний» Великовского оказались неверными. Он предполагал, что Венера имеет бóльшую температуру, чем это считали в 1950-м, и он оказался прав. Но если стрелять наугад, то несколько выстрелов будут близки к цели; огромное же их большинство попадет в «молоко». Именно так и произошло с теорией Великовского, которая в сотнях мест не только неверна, но и совершенно ненаучна.

Так, в самом начале книги Великовский описывает различные теории по поводу происхождения Солнечной системы и развития Земли. Естественно, он подчеркивает недостатки и неточности этих теорий, поскольку у него в запасе намного лучшая теория. Вот что он пишет:

«Согласно всем существующим теориям угловая скорость вращения спутника должна быть меньше, чем скорость вращения планеты. Но ближайший к Марсу его спутник вращается быстрее, чем Марс».

Этот прелестный тезис совершенно неверен, и он прекрасно доказывает, что астрономом Великовского можно назвать с тем же успехом, как и психоаналитиком.

В астрономической теории я никогда не встречал ничего, что связывало бы угловую скорость спутника с периодом вращения планеты. Нет никакой зависимости между вращением спутника вокруг своей планеты — как более быстрого, так и более медленного, чем период вращения планеты.

Угловое вращение спутника зависит от двух факторов (и только от них): от масс (своей и планеты) и расстояния между телами. Если масса спутника очень мала по отношению к массе планеты (что обычно имеет место), ее в расчетах можно упустить.

Чем ближе спутник к планете, тем больше его скорость. Если спутник опустится достаточно низко, он может вращаться с той же скоростью, что и сама планета, если же опустится еще ниже, то будет вращаться быстрее, чем вращается планета. «Ближайший к Марсу его спутник вращается быстрее, чем Марс» только потому, что он достаточно для этого близок к поверхности Марса. На этом расстоянии он просто не может двигаться медленнее — иначе бы нарушался закон всемирной гравитации Ньютона. То, что спутник вращается быстро, не опровергает «все существующие теории», а, наоборот, подтверждает известное правило.

Спутник Марса в этом плане не уникален. Ближняя к Сатурну часть его кольца состоит из большого числа небольших по размерам спутников, которые вращаются вокруг планеты быстрее, чем Сатурн вращается вокруг своей оси. Более того — почти любой спутник, который человек запустит в космос, должен вращаться быстрее, чем вращается Земля. Земля совершает оборот за 24 часа, а некоторые спутники — за 1,5 часа.

Великовский также пишет:

«Ипувер, египетский свидетель катастрофы, описал свою скорбь на папирусе: «Река полна крови», и это соответствует Исходу (7: 20): «...вся вода в реке превратились в кровь». Автор папируса также пишет: «...бедствия по всей Земле. Кровь везде», и это тоже соответствует Книге Исхода (7: 21): «...кровь по всей Земле Египетской».

Я цитирую это, поскольку в моей книге о Библии я говорил, что не было найдено упоминаний о бедствиях в Египте (Великовский называл их «катастрофами») в источниках, кроме самой Библии, и одна дама написала мне письмо, в котором

всячески укоряла меня за это утверждение. Она цитировала Ипувера в качестве источника, не связанного с Библией.

Кем был Ипувер? Это автор папируса, появление которого сейчас относят ко времени Шестой династии, примерно к 2200 году до н. э. В это время Древнему царству (во время которого были воздвигнуты пирамиды) грозил упадок и египетское общество находилось в беспорядке и нищете. Ипуверу было все это не по нраву, и он описывал положение вещей в тех же выражениях, в которых Тацит описывал закат римского общества в свое время — и как «новые левые» описывают закат американского общества в наши дни.

И какое это имеет отношение к «казням египетским»? Если предположить, что они и в самом деле были, то только во времена Исхода. Если Исход (древних евреев из Египта, которому посвящена одна из книг Ветхого Завета — Исход. — *Примеч. пер.*) действительно имел место, то это могло быть примерно в правление Рамсеса II — около 1200 года до н. э.

Другими словами, папирус Ипувера был написан за тысячу лет до событий, описываемых Великовским. И потому Великовскому приходится смещать даты. Он относит Исход не к 1200 году до н. э., а к 1500 году до н. э., а папирус Ипувера — к 1500 году до н. э. вместо 2200 года до н. э. Свести вместе столь удаленные друг от друга события — все равно что свершить чудо более удивительное, чем те, что описаны в Исходе.

Конечно, может оказаться так, что египтологи неверны в своей хронологии, как были неверны астрономы в своей звездной механике.

Но даже если мы примем во внимание произвольные даты Великовского, что мы можем найти в словах Ипувера, кроме горестных стенаний?

Может быть так, что он пользовался метафорами? Если бы я сказал: «Общество катится к собачей жизни», по Великовскому это означало бы, что собаки появились в моем городе и начали пожирать людей?

На протяжении всей своей книги Великовский строит теорию на словах, которые являются всего лишь метафорами. Он часто цитирует мифы и легенды разных народов, понимая каждое выражение буквально и относясь к ним так серьезно, словно это чертежи какого-то здания. К примеру, он часто обращается к книге «Легенды евреев» Луи Гинзберга. Мне случалось читать Гинзберга (жаль, что приверженцы Великовского явно не читали эту книгу), и я думаю, что принимать всерьез сказки средневекового раввина нельзя.

Великовскому пришлось быть очень избирательным. В мифах и легендах всего человечества содержится столь много всего, что не одно, так другое обязательно подойдет для любой теории. К примеру, Великовский на странице 147 говорит следующее: «Критий-младший вспомнил, как ему говорили, что Атлантида погрузилась в глубины 9000 годами раньше. Здесь на один ноль больше, чем нужно».

И он продолжает дальше, ничего не объясняя. А почему ноль следует опустить? Великовский считает, что катастрофа Атлантиды произошла на девятьсот лет раньше жизни Крития, только потому, что это соответствует его собственной хронологии.

Уважаемый читатель, если вы предоставите в мое распоряжение все мифы и легенды человечества, если вы дадите мне возможность выбирать все, что заблагорассудится, и делать изменения везде, где я ни захочу, то я докажу все, что вы только пожелаете доказать.

Великовский пытался доказать то, что Юпитер выбросил из себя большую комету. Она якобы летала вокруг Солнца и однажды прошла очень близко от Земли, вызвав «казни египетские», остановив Землю на время битвы Иисуса (когда он приказал Солнцу и Луне остановиться) и так далее.

Когда комета устоялась на орбите, она стала планетой Венерой.

В этой гипотезе великое множество просто невероятных несуразностей. Если Венера вышла из Юпитера и прошла мимо Земли, тогда у нее должна была быть очень вытянутая орбита, такая, как у комет (этого требует строение Солнечной системы и положение планет).

То, что впоследствии Венера перешла практически на круговую орбиту, очень далекую от Юпитера (как сейчас), не может быть объяснено в наши дни ни одной научной теорией.

Это чудо не объясняет и Великовский. Он просто утверждает, что это случилось. У него есть свидетельства? Да, но это всего лишь список из тщательно отобранных мифов и легенд. А также рассказ об аналогичном событии на небесах.

Далее у Великовского читаем:

«Что комета, встретив планету, может быть ею увлечена и может сменить орбиту, перейти на другой курс и в конце концов освободиться от влияния планеты, следует из случая с кометой Лекселя, которая в 1767 году была захвачена Юпитером и его спутниками. Только в 1779 году эта комета смогла освободиться».

Заметьте слова, которые использует Великовский: «увлечена», «освободиться» и так далее.

Мне трудно винить какого-нибудь несведущего читателя, который прочитает этот пассаж и поверит, что комета Лекселя была захвачена Юпи-

тером и его спутниками, что комету бросало от одного спутника к другому, что ее никак не отпускал Юпитер, что ей понадобилось двенадцать лет, чтобы «освободиться».

На самом деле комета Лекселя прошла в мае 1767 года мимо Юпитера и его планет. Она прошла сквозь орбиты спутников Юпитера и не задержалась. Изменение орбиты кометы имело место в силу гравитационного притяжения в строгом соответствии с астрономическими законами небесной механики. На своей новой орбите комета снова прошла мимо Юпитера в 1779 году — и снова орбита кометы несколько изменилась.

Подобное случается с кометами довольно часто.

Но тогда может то же самое произойти с Землей и кометой Венерой? Ни в коем случае! Здесь положение совершенно другое!

Юпитер — огромная планета, имеющая в 318 раз большую массу, чем Земля. Комета же Лекселя составляет всего $^1/_{5000}$ массы Земли. На орбиту Юпитера и его спутников эта комета не может оказать совершенно никакого влияния.

Что касается Венеры, то она имеет примерно такую же массу, что и Земля. Если бы Венера была кометой, то радикально изменились бы как орбита Венеры, так и орбита Земли; о Луне же и не стоит говорить.

Изменения орбит привели бы к переменам в климате, при которых жизнь на Земле вряд ли сохранилась бы.

Но давайте не будем думать о столь масштабных катастрофах. Не будем думать о сменах орбит, о том, как океаны покидают свои места и обрушиваются на континенты. Давайте не думать о колоссальных последствиях того, что Земля внезапно прекратила бы свое вращение, когда Иисус отдал приказ Солнцу стоять неподвижно (от по-

добного солдаты Иисуса не только упали бы и прокатились тысячи миль, но и энергия вращения перешла бы в тепло, от чего бы расплавилась земная кора).

Вместо всего этого я просто упомяну об одной вещи. В мире есть множество известковых пещер, в которых очень медленно на протяжении сотен тысяч лет растут сталактиты и сталагмиты. Они довольно хрупки.

Если бы Земля прекратила свое вращение во время Исхода или если бы она просто немного изменила период вращения, все эти сталактиты и сталагмиты разбились бы.

А они не разбились! Они остались на месте! В целости и сохранности, и все такие же красивые, как вы можете увидеть сами, если посетите любую известковую пещеру. И эти сталактиты и сталагмиты являются свидетелями против теории Великовского — более красноречивыми, чем все собранные Великовским цитаты из мифов и легенд.

Но продолжим. Великовский стремится объяснить падающий с неба огонь, чтобы обосновать некоторые намеки Библии, — и он очень много говорит о подобных явлениях с горением, что упоминаются в разных мифах.

Вы можете предположить, как это сделал я, что извержение вулкана — достаточно ужасающее событие, чтобы отнести к нему появление всех историй о «небесном огне», который является всего лишь поэтическим образом. Однако Великовский не верит в метафоры и поэтические образы. Он стремится найти подтверждение огненному дождю и для объяснения этого использует «комету Венеру».

Он пишет: «Хвосты комет главным образом состоят из углеродного и водородного газов. Поскольку кислорода мало, они не горят в полете — но, проходя через атмосферу, в которой содержится кислород, легко воспламеняемые газы загорятся».

Довольно внушительное утверждение. Лишь от слов «углеродный и водородный газы» у меня перехватило дыхание. Водород и в самом деле является газом при температурах, которые есть у кометы, но углерод газом не является. Он принадлежит к субстанциям, хуже всего переходящим в газообразное состояние, и это происходит лишь при температурах около 4200 °С.

Но это с точки зрения химии. Если Великовский хочет сказать, что анализ небесной механики Лапласа совершенно неверен, что Венера может быть извергнута Юпитером и установиться на современной орбите, я только улыбнусь. Если он утверждает, что египтологи могут спутать 1200 год до н. э. и 2200-й до н. э., у меня это вызывает усмешку.

Но если он говорит, что углерод — это газ, тут уже не до смеха.

Но не будем слишком строги. Считается, что хвосты комет состоят — по крайней мере частично — из молекулярных фрагментов, некоторые из которых имеют в своем составе как углерод, так и водород, то есть по своей природе являются углеводородными. Возможно, именно это Великовский и имел в виду, когда говорил об «углеродном и водородном газах».

Надо сказать, что химический анализ хвостов комет является результатом некоторых очень старых и мудреных астрономических теорий, и можно только удивляться, почему Великовский решил им поверить. В конце концов, если астрономы зашли

столь далеко в самих основах небесной механики, то почему он доверяет им в тонких материях спектроскопии? А потому, что выводы астрономов в данном пункте могут подкрепить взгляды Великовского, потому он и принимает их.

(Если мой любезный читатель даст возможность выбирать из научных знаний то, что мне нравится, и отбрасывать то, что не нравится, по собственной моей прихоти, я могу доказать все, что угодно.)

Но может ли углерод и водород в хвосте кометы действительно загораться при прохождении атмосферы? Могут ли они привести к «огненному дождю»? Нет, милостивый государь, ни в коем случае!

Хвосты комет состоят из крайне разреженных газов. Некоторые хвосты растягиваются на сотни миллионов миль, но если собрать газы из этих хвостов и довести до той плотности, что существует на Земле, то газы займут объем примерно в одну-две комнаты.

Знаете, что произойдет, если Земля пройдет сквозь хвост кометы? Ничего!

Откуда я это знаю? Из того, что Земля проходила сквозь хвост комет бессчетное число раз. В 1910 году она прошла через хвост кометы Галлея. Многие люди не верили тогда утверждениям ученых, что ничего не произойдет. Они считали, что наступит конец света. Некоторые полагали, что ядовитые газы из хвоста кометы (они верили спектральному анализу) убьют на Земле все живое.

И что же произошло? Как я и говорил вам, ничего!

Конечно, «комета Венера» была бы много больше по размерам, чем обычная комета. Обыкновенная комета имеет массу небольшого астероида.

«Комета Венера» имеет $^{1}/_{5}$ массы Земли. Ее «хвост» должен быть намного внушительнее, чем у обыкновенной кометы. Могло случиться такое, что атмосфера Венеры проникла бы в земную атмосферу и вызвала бы потоки огня? И может ли атмосфера Венеры по сей день состоять из углеводорода? Великовский думает именно так. После того как «Маринер-2» близко прошел от Венеры в 1962 году, кто-то на пресс-конференции сделал заявление, которое было неверно понято: будто «Маринер-2» обнаружил, что атмосфера Венеры и в самом деле состоит из водорода и углерода.

Неправильное толкование было сразу устранено, — и с тех пор эта поправка делалась уже многократно, однако это не помогало. Приверженцы Великовского настаивают на том, что атмосфера Венеры состоит из водорода и углерода, и не отступают от этого.

На самом же деле все данные, что были собраны по Венере со времени публикации книги Великовского, указывают на то, что атмосфера Венеры на 95% состоит из углекислого газа и, по всей видимости, на 5% из азота, а эта смесь, как вы понимаете, не горит.

В верхних слоях атмосферы мельчайшие ледяные кристаллы образуют собой облака. Исследования недавнего времени позволяют предположить, что из-за большой температуры на поверхности Венеры небольшое количество ртути находится в газообразном состоянии и летает в нижних слоях атмосферы. Даже при этом атмосфера Венеры остается негорючей.

Но предположим, что атмосфера Венеры и в самом деле состоит из углеводорода, что она способна произвольно загораться в своих верхних

слоях и посылать вниз огненный дождь и что углеводород останется над головой в виде сырого маслянистого тумана, закрывающего поверхность Земли от Солнца.

Трудно представить, как такой смог может не убить все живое на Земле — но не берите это в голову. Великовскому нужно объяснить девятую «казнь египетскую» (тьму), и он берется за это с помощью все тех же цитат, выдернутых из контекста легенд, мифов и стихов.

Но тогда что произойдет с этими углеводородными облаками? Великовский объясняет это так:

«Когда в воздухе находится избыточное количество пара, то появляется роса или падает дождь или снег. По всей вероятности, атмосфера таким же образом освобождается от своих составляющих — углерода и водорода».

Похоже, что углеводородные облака разряжаются дождем из бензина, керосина и асфальта. Чем дальше в лес, тем больше дров!

Но далее Великовский вопрошает: «Сохранилось ли какое-либо свидетельство того, что на протяжении многих лет мрака углеводы осадились?»

Откуда взялись «углеводы»? Возможно, Великовский не знает разницы между «углеводородом» и «углеводами»? Бензин является примером углеводорода, сахар — пример углевода.

Может облако бензинового пара выпасть в виде чего-то вроде сахара? Это, я думаю, с точки зрения химии невозможно.

Может существовать сахарный пар в облаках? Я полагаю, что и это практически невозможно.

Но тогда почему Великовский утверждает, что углеводы осаждаются?

А, да это он стремится объяснить происхождение манны небесной — той таинственной пищи,

которой израильтяне питались на протяжении сорока лет в пустыне. Чтобы объяснить манну небесную, Великовскому достаточно всего лишь упомянуть углерод и водород и — это ключевой момент — быстро перескочить на слово «углевод». Достаточно сказать: «Сезам, отворись!» — и шкатулка открывается.

Все, что требуется, — это совершенно не знать химии, и тогда все становится возможным.

Но хватит об этом. Пора завершать эту тему, но к какой нам следует перейти? Чтобы опровергнуть теорию Великовского, можно выбрать по крайней мере пятьдесят его утверждений, но я уже доказал ненаучность книги и считаю, что его теории можно назвать просто глупыми.

Чем читать столь нелепую смесь из неверных астрономических утверждений, ущербной физики и выдумок на химические темы, лучше просто почитать саму Библию. Если бы мне предложили выбор между Иммануилом Великовским и Сесилем де Миллем (американский режиссер, ставил фильмы на религиозную тему. — *Примеч. пер.*), то я бы выбрал Сесиля де Милля, и немедленно.

Часть вторая

ФИЗИКА

Глава 5
ДВА В ОДНО ВРЕМЯ

Несколько дней тому назад у меня зазвонил телефон и молодой мужской голос, удостоверившись, что разговаривает именно со мной, произнес: «Извините, сэр, как вы определяете центр притяжения системы Земля—Луна?»

Мой собеседник был очень вежлив, и я не мог ему не ответить. Если я хочу выглядеть очень сведущим в науке и намереваюсь этим зарабатывать на хлеб, то просто обязан отвечать на столь простые вопросы.

Я сказал:

— Земля в восемьдесят один раз массивнее Луны. Это значит, что если вы проведете линию между центрами Земли и Луны, то центр тяжести окажется на этой линии в точке, находящейся на расстоянии одной восемьдесят первой расстояния между центрами.

— О, но как высоко над поверхностью Земли это может быть? — спросил молодой человек.

— Эта точка не над поверхностью, — ответил я. — Она примерно в тысяче миль под поверхностью Земли.

— Ага! — воскликнул мой юный друг. — Я знал, что он пытается поймать нас.

В мое сердце закралось подозрение.

— Кто пытается поймать вас?

— Мой учитель, — радостно произнес собеседник. — Это моя домашняя работа.

И он повесил трубку.

Это послужило мне хорошим уроком. Больше никаких вопросов и ответов по телефону! Я не желаю участвовать в чьем-либо надувательстве!

Но этот разговор не прошел для меня даром. Он заставил меня задуматься о...

Тот факт, что центр тяжести системы Земля — Луна располагается в тысяче миль под поверхностью Земли, не должен затушевывать то, что он располагается *в целых 2900 милях* от центра Земли в направлении Луны. Луна вращается вокруг этого центра (являющегося одним из фокусов эллипса, который представляет собой орбита Луны) — но то же самое делает и Земля!

Центр Земли совершает небольшой месячный поворот относительно центра гравитации системы Луна — Земля, описывая кривую, в точности повторяющую движение Луны по эллипсу, только в $^{1}/_{81}$ меньшего размера.

То, что земной эллипс столь мал, значения не имеет. Важно лишь, что Земля реагирует на притяжение Луны абсолютно так же, как Луна на притяжение Земли.

В самом деле, каждая имеющая массу частица во Вселенной является центром своего гравитационного поля и движется она в результате взаимодействия с гравитационным полем других частиц (если только ей не мешает какое-либо другое поле).

Теперь давайте рассмотрим несколько самых простых вселенных. Вселенную без частиц сразу *отбросим как слишком простой случай*. То же от-

носится и ко вселенной с одной частицей, поскольку частица может проявить свое гравитационное поле только при взаимодействии с другими частицами. То, что мы определяем как гравитационное поле, в действительности не является гравитационным полем как таковым, это всегда гравитационное взаимодействие.

Следовательно, самым простым видом вселенной является вселенная с двумя частицами.

Если две частицы находятся на значительном расстоянии друг от друга, они будут взаимодействовать таким образом, чтобы приближаться друг к другу вдоль соединяющих их силовых линий, пока не встретятся.

Если изначально они двигались в разные стороны друг от друга, их движение постепенно будет замедляться. Если первоначальное движение медленнее, чем скорость убегания, то такое уменьшение скорости в конце концов приведет к тому, что частицы остановятся, после чего снова начнут двигаться, но уже навстречу друг другу, чтобы в конце концов столкнуться. Если же первоначальная скорость больше скорости убегания, они лишь несколько замедлят свое движение, но не остановятся. Таким образом, частицы будут всегда в движении.

Если же частицы двигались в одном и том же направлении, не по связывающим их силовым линиям, со скоростью меньшей скорости убегания, они станут перемещаться по двум связанным друг с другом эллипсам (как Луна и Земля). Два эллипса будут похожи по форме, но их размеры пропорциональны массам частиц. В зависимости от скорости и масс эксцентриситет примет значение от 0 (для круга) до 1 (для параболы).

Если две частицы двигаются относительно друг друга на скорости большей скорости убега-

ния, каждая из них уйдет по гиперболе безвозвратно.

Все эти возможности могут быть точно рассчитаны при помощи относительно простого уравнения, впервые выведенного Исааком Ньютоном около трех столетий назад, а позднее измененного, с целью улучшения, Альбертом Эйнштейном.

Но предположим, что в нашей Вселенной имеется больше, чем две частицы. В этом случае каждая частица станет двигаться с силой, возникающей в результате сложения всех других гравитационных полей. Это будет оказывать постоянное влияние на другие частицы, поскольку гравитационное воздействие на них все время меняется.

Для более чем двух частиц не существует общего уравнения, которое бы точно описало их движение, — по крайней мере, его до сих пор не вывели. Нет даже общего уравнения, которое бы объяснило простое взаимодействие трех частиц. Спустя три столетия после Ньютона так называемая «проблема трех тел» остается нерешенной.

Согласно одному из постулатов теории Ньютона, «частица» — это тело, имеющее массу, но не имеющее объема, а в реальном мире ничего подобного не существует. Следовательно, даже «проблема двух тел», которая считается разрешенной, не отражает истинного положения вещей.

Из всего этого можно сделать вывод, что вся теория Ньютона — это лишь плод его фантазии. В конце концов, если решение существует только для двух не имеющих объем частиц — и ни для чего больше, — мы можем пользоваться этой теорией с тем же успехом, как и обветшавшими учениями средневековых школяров, и считать ангелов, которые могут танцевать на игольном ушке. Или же нет?

Есть разница, скажете вы. Даже если двое церковных ученых достигнут согласия по поводу точного количества ангелов, что могут танцевать на игольном ушке, то кому это важно? Теория же Ньютона, хоть и на первый взгляд оторванная от жизни, может быть применима к Земле.

Когда мы говорили, что «проблема трех тел» не решена, мы имели в виду математическую точку зрения. Применение этого уравнения не дает однозначного ответа.

Однако астрономы, работая над небесной механикой и не занимаясь чистой математикой, хотели получить не систему, описывающую движение несуществующих материальных точек, а способ расчета — хотя бы и приблизительный — движения и положения небесных тел в определенный период времени. Другими словами, их бы удовлетворили приблизительные вычисления.

Теперь давайте поговорим о субатомных частицах, имеющих массу и объем, которые близки к нулю. Это почти материальные точки, обладающие гравитационным полем, что, с точки зрения Ньютона, идеально. Единственной проблемой является то, что массы субатомных частиц столь малы, что гравитационные взаимодействия почти неопределимы, и, в частности, потому, что эти частицы подвергаются другим влияниям, в том числе влияниям полей, которые намного сильнее, чем гравитационные.

Известно, что гравитация является одним из четырех видов взаимодействий, известных во Вселенной. Два из них, однако, связаны с атомными ядрами, и их можно не принимать во внимание, если мы имеем дело с частицами большими, чем атом.

Другое взаимодействие является электромагнитным. Это преобладающий вид воздействия во всех объектах размером от атома до небольшого астероида. Силы, которые не позволяют материи распадаться, являются по своей природе электромагнитными.

Электромагнитное взаимодействие намного сильнее гравитации. Небольшой астероид легко сохраняет неправильную форму именно благодаря электромагнитным взаимодействиям — даже если гравитационное взаимодействие частиц заставляет его принять сферическую форму. В маленьком астероиде электромагнитные взаимодействия преобладают над воздействиями гравитационными.

Однако электромагнитные взаимодействия способны как притягивать, так и отталкивать, в материи разница между отталкиванием и притягиванием довольно мала. Что касается гравитации, то в ней, насколько известно, присутствует только притягивание, и, когда объект увеличивает свою массу или плотность (а возможно, и то и другое), общая интенсивность его гравитационного поля возрастает теоретически беспредельно. Большие астероиды, в том числе тела размером с Луну и Землю, гравитационное поле вынуждает принимать сферическую форму.

Но как мы можем рассчитать это? В таких телах, как Луна и Земля, число тесно расположенных друг к другу частиц составляет триллионы триллионов триллионов. Каждая частица на Земле должна гравитационно взаимодействовать с другой частицей. Более того, каждая частица на Земле должна гравитационно взаимодействовать с каждой частицей на Луне.

Может ли теория, которая оказалась неспособной описать взаимодействие трех частиц, справиться с описанием взаимодействия триллионов триллионов триллионов частиц?

Когда Ньютон работал над теорией гравитации, это соображение его остановило. Он посчитал, что у него есть ответ, но проверить его не мог. Чтобы подтвердить свою догадку, ему требовался способ, которого еще не существовало. К счастью, Ньютон был Ньютоном. Он нашел такой способ. Им оказалось математическое исчисление.

Используя исчисление, Ньютон получил возможность показать, что при условии, что реальное астрономическое тело является (1) сферическим и (2) тело имеет равномерную плотность (или же плотность равномерно меняется от центра), тогда тело имеет гравитационное поле, точно такое, как поле точечного тела, расположенного в центре этого реального астрономического тела и имеющего такую же массу.

Землю, к примеру, можно приблизительно считать сферической, и у нас есть все основания предполагать, что его плотность изменяется одинаково во всех направлениях от центра к поверхности. Кроме того, гравитационное поле исходит из центра Земли, и независимо от того, где мы находимся на земной поверхности, нас притягивает именно к центру.

Луна тоже имеет примерную сферическую форму, как и Солнце и те планеты, которые мы можем наблюдать в телескопы. Было бы разумным предположить, что, за исключением некоторых отклонений от сферической формы, все астрономические тела соответствуют требованиям, предъявляемым Ньютоном к форме и плотности, и потому мы можем их рассматривать как точечные источники гравитационного поля.

Конечно, если планеты можно считать точечными телами, то и относиться к ним можно соответствующе. Раз у тела нет объема, совсем просто проникнуть в глубь этого тела. Таким образом, если вы желаете совершить путешествие в глубины Земли, лучший путь для этого — использовать уравнение Ньютона.

Если в центре Земли действительно находится источник гравитации, то чем глубже вы уйдете под земную поверхность (возможно, выбрав дорогу по длинным пещерам, в духе Жюля Верна), тем большим будет влияние на вас гравитационных полей. Когда же вы достигнете самого центра, влияние полей будет максимальным (при условии, что вы сами — точечный источник).

Однако на самом деле чем ближе вы будете продвигаться к центру Земли, тем слабее будет действие на вас гравитационного поля.

И если в самом центре Земли имеется пустота (в стиле Эдгара Райса Барруза), действие гравитации в этом месте будет равно нулю, вне зависимости от того, большим или маленьким окажется тело внутри Земли.

Это, без сомнения, парадокс, который кажется противоречащим теории гравитации. Это противоречит нашему предположению о точечных источниках гравитации.

Существует и другая проблема. Поверхность Земли близка к сферической, но не является сферической как таковая. Это сплющенный сфероид, что означает, что расстояние от центра до поверхности меняется следующим образом: оно минимально у Северного и Южного полюсов и увеличивается по мере приближения к экватору (в любом направлении), достигая максимума. Экваториаль-

ный радиус на 13 миль больше, чем полярный, — это немного по отношению к примерно 3950 милям радиуса, но достаточно, чтобы оказать определенное влияние.

Утолщение Земли у экватора имеет собственное гравитационное взаимодействие с Луной, что вынуждает ось вращения Земли описывать медленный круг — один за 25 780 лет. Этой «прецессии равноденствий» не было бы, если бы Земля была совершенной сферой.

Это отклонение от простого принципа Ньютона должно было бы поколебать его закон всемирного тяготения, но на самом деле он только его укрепил. Факт прецессии равноденствий был обнаружен еще за два тысячелетия до Ньютона, но рационального объяснения этому явлению пришлось ждать до появления уравнения Ньютона, правильно примененного к Земле.

Известно, что Земля не только не является совершенно круглым шаром, но и обладает довольно неровной поверхностью, на которой много гор и долин. Да и земная кора неоднородна по толщине. Поскольку недавно были созданы методы точного определения силы гравитации, обнаружилось небольшое изменение тяготения на разных участках земной поверхности. Это несколько не соответствует ньютоновскому идеалу.

Но все же эти отступления довольно невелики. Для нас нет нужды, чтобы Земля имела точную сферическую поверхность и чтобы ее плотность была строго равномерной для определения точной природы гравитационного поля. Если бы мы пытались добиться во всем точности, проблема была бы чересчур усложнена и мы бы не добились успеха.

Вместо этого разумнее начать с идеализации и упрощения, даже зная, что мы несколько «не пра-

вы». Мы начинаем с первой аппроксимации, затем исправляем сильные несоответствия, после чего беремся за менее значительные и так далее. Таким образом мы понемногу приближаемся к настоящей «правде» (которую узнать полностью, возможно, и не удастся) и в процессе этого добиваемся необходимой нам точности.

Без сомнения, как и Земля, другие тела так же несовершенны, имеют те же небольшие отклонения от идеальной сферичности и неравномерную плотность.

Обратимся к Луне. По сравнению с Землей Луна вращается очень медленно и много больше напоминает сферу. У Луны нет экваториального утолщения.

Если Луна идеально отвечает требованиям Ньютона, то движение любого объекта на орбите вокруг нее, казалось, можно рассчитать с заданной погрешностью. Но это совсем не так.

Спутники Луны движутся по орбите на некоторых ее участках несколько быстрее, чем на остальных. Похоже на то, что гравитационное поле Луны над определенными участками несколько более интенсивно, чем над другими.

Эта интенсивность, как выяснилось, увеличивается над относительно ровными «морями», а не над горными возвышенностями и кратерами. Похоже на то, что под «морями» возникают «концентрации массы» более плотные, чем в остальных местах. Это словосочетание, «концентрация массы», очень быстро стали писать сокращенно, «mascon», и это сокращение стало новым магическим словом в селенографии.

Что это за массы концентрации? Объяснение выглядит очень интригующим. Предполагается,

что моря являются участками, в которые попадали большие метеориты на поздней стадии развития Луны. Если это так, то, по всей видимости, под поверхностью морей находятся большие куски метеоритов. Если эти обломки по большей части состоят из железа, они в два раза плотнее, чем прочая материя Луны. Это-то и может вызвать небольшую гравитационную аномалию.

Астрономические объекты, которые столь малы, что гравитационное поле не является для них преобладающим фактором, могут быть неравномерны по форме и совершенно не напоминать сферу. Астероид Эрос — особо выдающийся пример этого, поскольку имеет вид кирпича, а в длину составляет примерно пятнадцать миль.

Это означает, что гравитационное поле в непосредственной близости от астероида сильно варьируется. Однако воздействие гравитации на какое-либо тело очень мало, и, если вы стоите на поверхности Эроса, на вас будут влиять гравитационные силы примерно в тысячу раз меньшие, чем на Земле.

Но и это притяжение возможно лишь в том случае, если вы находитесь на поверхности Эроса в нескольких милях от его центра. Если же вы будете в 1000 миль от центра Эроса (что соответствует 4000 миль от центра Земли), действие Эроса на вас окажется примерно в одну миллиардную меньше, чем ваше притяжение к Земле.

Все сказанное относится к любому астрономическому телу, достаточно малому, чтобы силы гравитации не придали ему сферическую форму. Интенсивность гравитационного взаимодействия между ним и вами так мала, что в астрономических подсчетах ею можно пренебречь. На рассто-

нии же изменения в притяжении являются столь незначительными, что Эрос и другие объекты подобного рода могут считаться точечными источниками — при условии, что мы находимся непосредственно, или очень близко, к их поверхности.

Даже если мы будем исходить из того, что все астрономические тела являются точечными, все равно остается вопрос о «проблеме трех тел». К примеру, как можно рассчитать движение Луны во Вселенной среди множества объектов, каждый из которых имеет свое гравитационное поле, даже если эти объекты, включая Луну, являются точечными источниками?

К счастью, распределение тел во Вселенной таково, что всегда достаточно брать во внимание только два тела. Когда присутствует третье тело, то оно, как правило, так мало, что его можно проигнорировать, или столь удалено, что первые два тела можно считать относительно него одним точечным объектом. Но, даже игнорируя «проблему трех тел», мы должны решить «проблему двух тел».

Предположим, мы возьмем в рассмотрение Луну и Солнце. Эти два тела находятся на расстоянии (в среднем) 237 000 миль друг от друга; если даже увеличить это расстояние в сто раз, то никакого другого тела поблизости не окажется. При первой аппроксимации мы можем предположить, что Луна и Земля одни во Вселенной, и будем рассматривать их в свете «проблемы двух тел».

Когда мы приступим к решению задачи, то сразу обнаружим, что Луна и Земля движутся в паре по связанным эллипсам вокруг центра гравитации системы. Описываемый Землей эллипс так мал, что мы его даже не станем рассматривать (по крайней мере, в этой книге). В этом случае

фраза «Луна вращается вокруг Земли» будет правомочна, и нас не поправят даже астрономы.

Только лишь из относительных размеров этих эллипсов можно заключить, что Земля в 81 раз больше по массе, чем Луна.

Система Земля—Луна находится от Солнца в 93 000 000 миль. Поблизости есть и другие тела (Меркурий, Венера и Марс, когда они находятся на той же стороне от Солнца, что и Земля). Солнце, однако, в 1500 раз массивнее, чем все другие планеты, вместе взятые, так что система Земля—Луна выступает относительно Солнца как точечный объект (находящийся в центре тяжести системы Земля—Луна), и этот точечный источник вместе с Солнцем можно рассматривать в свете «проблемы двух тел».

Теперь рассмотрим вращение центра масс системы Земля—Луна вокруг Солнца по эллиптической (не очень сильно отличающейся от круговой) орбите за 365 с четвертью дней. Если быть точным, система Земля—Луна движется вокруг центра гравитации системы Земля—Луна—Солнце, который находится примерно в 300 милях от центра Солнца.

И Земля, и Луна вращаются вокруг своих центров тяжести по 12 раз с небольшим за время, когда Земля совершает один полный оборот вокруг Солнца. Это значит, что орбита вращения центра Луны имеет 12 небольших «волн» (и начинается тринадцатая) при движении вокруг Солнца. Центр Земли также при своем вращении имеет те же 12 с небольшим «волн», но значительно более слабых.

Сравнивая силу воздействия Солнца на Землю при уже известном расстоянии и Луны на Землю, можно определить, что Солнце в 27 000 000 раз массивнее Луны и, таким образом, в 330 000 раз массивнее Земли.

Конечно, на Луну оказывает действие также гравитационное поле утолщения Земли у экватора, а также Венера, Меркурий, Марс, Юпитер и так далее. Интенсивность этих гравитационных взаимодействий постоянно изменяется, поскольку Луна, Земля, Венера и другие тела движутся по своим орбитам на скорости, которая не является постоянной.

Но все эти гравитационные взаимодействия вызывают только небольшие изменения («возмущения») в лунной орбите, и потому можно учитывать в расчетах только два тела. Тем не менее астрономическая точность требует, чтобы были взяты в расчет все взаимодействия. Мне известно, что уравнение, представляющее движение Луны с учетом всех возмущений, занимает большой том, и даже при этом оно может быть только аппроксимацией, хоть и очень близкой. Утверждают, что для Ньютона лишь вывод уравнения для расчета движения Луны вызывал головную боль.

А что можно сказать о других системах планета—спутник? У Юпитера существует двенадцать известных нам спутников, из которых четыре имеют примерный размер Луны. Юпитер сам столь массивен, что его взаимодействие с каждым из спутников может быть рассмотрено как взаимодействие «двух тел».

Если мы знаем расстояние от какого-либо спутника до Юпитера и время его обращения вокруг этой планеты, мы можем сравнить это время оборота со временем, которое занял бы оборот этого спутника вокруг Земли на таком же расстоянии. Спутники вращаются вокруг Юпитера намного быстрее, чем они вращались бы вокруг Земли, и, принимая во внимание уравнение Ньютона, мы

можем вычислить интенсивность гравитационного поля Юпитера относительно земного и, следовательно, его массу. Оказывается, Юпитер имеет массу в 318 раз большую, чем Земля.

Более подробные вычисления можно легко сделать для любой планеты со спутником, чьи расстояние от планеты и период вращения могут быть определены.

А что насчет масс самих спутников? Можно определить массу Луны из его воздействия на движение Земли? Увы, но подобное невозможно. Масса Луны столь велика по сравнению с массой Земли, что Луна заставляет Землю заметно раскачиваться. Для любого другого спутника в Солнечной системе это неприменимо. Спутники относительно малы в сравнении со своими планетами, и их воздействие на движения планет незаметно.

Масса каждого спутника Юпитера может быть вычислена исходя из возмущений, которые этот спутник вызывает в орбитах других спутников, а эти вычисления далеко не точны.

Аналогичная неточность возникает и при изучении планет без спутников. До недавнего времени массу Венеры приходилось вычислять из ее влияния на систему Земля—Луна, и самое большее, что можно было сделать, — это определить, что масса Венеры составляет 0,8 массы Земли. Однако благодаря зондам, прошедшим близко к поверхности планеты, и влиянию Венеры на эти зонды было определено, что Венера имеет массу 0,81485 массы Земли.

Как следует из вышеизложенного, все определения масс тел основываются на движениях по орбите и являются относительными. К примеру,

в ряде случаев они сводятся к определению соотношения массы данного космического тела с массой Земли.

Но чтобы сделать все эти относительные вычисления достоверными, необходимо точно определить саму массу Земли.

Местом, где это произошло, была Англия; временем, когда это произошло, был 1798 год; человеком, который это сделал, был Генри Кавендиш, а метод заключался в том, что... Нет, немного потерпите.

Глава 6
БРОСАЯ МЯЧ

Несколько лет назад я посетил свой родной университет в штате Колумбия, со студентами которого у меня состоялась довольно интересная беседа. По ее окончании студенты преподнесли мне очень своеобразный подарок.

Это оказалась футболка. Впереди был изображен Исаак Ньютон, чуть ниже жирными буквами выведено его имя. На другой же стороне помещалось легендарное уравнение: $f = ma$.

Вы наверняка догадаетесь, что я был очень рад получить футболку и что надеваю ее при любом удобном случае.

Но, надо сказать, у меня гораздо меньше возможностей носить футболку, нежели у подростков. Мой возраст и социальное положение не позволяют носить футболку, не вызвав у окружающих удивление.

Но когда я все же надеваю ее, например по случаю вечеринки, все внимание присутствующих оказывается прикованным ко мне. К счастью, меня это не смущает, поскольку меня больше занимает то,

что происходит в моей голове, а не то, что вокруг. К тому же мне немало уверенности придает восхищенный шепот подростков за моей спиной. Должен сказать, это худшая из футболок, что у меня есть. Полгода назад одна из самых красивых девушек «Даблдэй энд компани» подарила мне майку, на которой было написано жирными белыми буквами: *АЙЗЕК АЗИМОВ — ГЕНИЙ. Мне стыдно об этом* говорить, но у меня не хватило ума, чтобы не появляться в ней на публике. Я всегда полагал, что моя нескромность имеет пределы, но оказалось, что это не так.

Похоже на то, что внимание публики привлекает не портрет Исаака Ньютона (которого, возможно, незнающие считают из-за длинных волос звездой рок-н-ролла), а магическая надпись на спине. Думаю, все пытаются понять смысл этих знаков.

Так почему бы не объяснить эти знаки здесь?

Мысленно бросим мяч. Мяч неподвижен, когда вы только начали движение, но когда мяч покидает вашу руку, он летит на значительной скорости. Во время броска мяч набирает скорость от нуля до того значения, которое вы ему придаете движением своих пальцев. Такое увеличение скорости называется ускорение.

Ускоряя движение, мы должны приложить силу. Без нее движение мяча не ускорилось бы. Без применения силы мяч не может ни ускоряться, ни останавливаться. Чтобы его бросить, нужно приложить силу. Мы можем сделать движения, необходимые при броске, — но если мяч лежит от нас на расстоянии 10 футов, с ним ничего не произойдет. Более того, когда мы бросаем мяч, его движение ускоряется только в том направлении, в котором мы бросаем.

Прикладывая силу, причем к конкретному объекту воздействия, мы можем наблюдать следующее: любой объект можно заставить ускоряться в том — и только в том! — случае, если на него оказывается какое-либо воздействие, причем ускорение всегда будет в направлении действия силы.

Подобные утверждения иногда называют «законами природы», но мне это название кажется слишком претенциозным. Думаю, это можно назвать просто обобщением. Это довольно простое наблюдение, что сила и ускорение направлены в одну сторону.

Но вернемся к мячу. Если мы бросим его с большим усилием, это заставит мяч двигаться быстрее. Изменение скорости во время броска больше. То есть чем больше сила, тем больше ускорение. И снова это довольно простое наблюдение, с которым знакомо все человечество.

Действительно, когда физики начали измерять силу и ускорение с большой степенью точности, они обнаружили, что, если к данному телу приложить вдвое большую силу, тогда и ускорение увеличивается ровно вдвое. (Это не совсем так. Теория относительности Эйнштейна внесла поправки, которые, однако, при обычных обстоятельствах оказывают незначительное влияние, — но эта глава посвящена ньютоновской аппроксимации, и потому здесь я не буду рассматривать поправки Эйнштейна. — *Примеч. авт.*) Если увеличить силу в n раз, тогда точно в n раз увеличится и ускорение.

Коротко это можно сформулировать так: ускорение прямо пропорционально силе.

Еще короче это соотношение можно записать при помощи математических символов. Пусть ускорение будет обозначено буквой a, а сила — буквой f. Чтобы представить прямую пропорци-

циональность, мы используем знак ~. Таким образом, мы можем записать:

$$a \sim f \qquad \text{(уравнение 1)}.$$

Но продолжим наши эксперименты. Что произойдет, если мы будем бросать различные предметы? Предположим, что мы с некоторым усилием бросаем теннисный мяч. Насколько это возможно, используйте такое же усилие для того, чтобы последовательно бросать бейсбольный мяч, резиновый детский мячик и шар (один их тех, которым любят отягощать себя метатели шара).

Вы легко увидите, что невозможно при той же самой силе заставить бейсбольный мяч двигаться так же быстро, как теннисный. Резиновый мяч будет лететь медленнее, а металлический шар будет вообще трудно сдвинуть с места.

Человечество уже давно заметило, что фиксированная сила ускоряет тяжелый объект в меньшей степени, чем легкий. В самом деле, если вы произведете измерения, то сразу найдете, что x вдвое тяжелее y, если x в три раза тяжелее, чем y, то x ускорится в три раза меньше, чем y, и так далее.

Вы возразите: если бросить перо, то оно, по этой логике, должно полететь куда быстрее, чем бейсбольный мяч, но этого не происходит. Перо быстрее не летит.

Дело в том, что наша рука — не единственное, что действует на перо. На него в противоположном направлении действует сопротивление воздуха. По некоторым причинам, в которые мы не будем вдаваться, эта противодействующая сила в большей степени влияет на относительно легкие предметы, такие, как перо, чем на относительно тяжелые, такие, как бейсбольный мяч. Приходится искать равнодействующую силу —

то есть силу, которая получается в результате взаимодействия разных сил.

Еще одно замечание — если мы попытаемся двинуть очень тяжелый предмет по полу, у нас получится очень малое ускорение, возможно, что его вообще не будет. Предмет может вообще не сдвинуться, сколько бы усилий вы ни приложили. На сей раз вам мешает сила трения, которая действует в направлении, противоположном силе, приложенной нами, — и эта сила при прочих равных условиях больше у тяжелых тел.

Короче говоря, реальные явления имеют довольно сложный характер, и вот почему понадобилось два тысячелетия, чтобы после долгих размышлений мудрецов были найдены некоторые общие закономерности. Потребовался исключительный гений, который смог бы отбросить затемняющие картину посторонние явления.

Если мы также отбросим все постороннее, то сможем утверждать, что чем тяжелее объект, тем меньшее ускорение вызовет приложенная к нему фиксированная сила.

Но не будем говорить «тяжелее», поскольку это может вызвать сложности. Давайте использовать термин «масса». При обычных обстоятельствах понятие «более массивное» примерно соответствует тому, что мы считаем «более тяжелым»; «менее массивное» же означает «более легкое».

Чем больше масса тела, тем труднее его ускорить — другими словами, изменить его скорость. Сопротивление изменениям скорости тела называется инерцией. Фактически инерция и масса — различные названия одного и того же свойства. (Покойный ныне И.И. Смит рассматривал свободное от инерции тело, движущееся в космосе со скоростью, близкой к скорости света. Обыкновенная масса без инерции не может двигаться быст-

рее скорости света, считал он, но масса без инерции может двигаться с любой скоростью, как бы велика она ни была. Это очень интересное утверждение, но если мы глянем правде в глаза, то придется признать, что масса без инерции — это то же, что масса без массы, то есть возникает противоречие в терминах; по крайней мере, мне так кажется. — *Примеч. авт.*)

Если для данной силы ускорение становится меньше при увеличении массы, мы можем сказать, что ускорение обратно пропорционально массе.

Для того чтобы увидеть, как это может быть, обратимся к математическим соотношениям. Пусть m представляет массу. Введем понятие $1/m$. Чем больше m (к примеру, 2, 3, 4, 5 и так далее), тем меньше отношение $1/m$ (соответственно $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$ и так далее). Фактически $1/m$ становится тем меньше, чем больше m, — абсолютно так же ускорение становится меньше при увеличении массы.

Если каждая из двух переменных пропорциональна третьей переменной, то эти две переменных прямо пропорциональны друг другу. Другими словами, если ускорение и $1/m$ обратно пропорциональны m, то ускорение прямо пропорционально $1/m$. Тогда мы можем сказать:

$$a \sim 1/m \qquad \text{(уравнение 2)}.$$

Если ускорение прямо пропорционально каждой из двух различных величин, то оно прямо пропорционально произведению этих величин. Другими словами, если a прямо пропорционально f и $1/m$ (см. уравнения 1 и 2), то оно прямо пропорционально произведению f и $1/m$. Таким образом, мы можем сказать, что:

$$a \sim f/m \qquad \text{(уравнение 3)}.$$

Когда эти две величины прямо пропорциональны, а это означает, что в случае, если одна из них становится больше (или меньше), другая также становится больше (или меньше) в соответствующее число раз. Например, один параметр увеличивается в 2 раза, в 5 раз или в 1,752 раза — результат увеличится строго во столько же раз: в 2 раза, в 5 раз или в 1,752 раза.

Но мы лишь определили пропорциональность, использовать же ее для расчетов нельзя, требуется уравнение. Для того чтобы составить уравнение, нужно определить коэффициент пропорциональности.

Если мы не знаем его точную величину, то можем пока использовать константу пропорциональности и обозначить ее буквой. Обычно — пусть и не всегда — константу обозначают буквой k. Почему именно k? Потому что эта идея была перенята у немцев, которые использовали слово «konstant».

Если затем мы умножим правую часть уравнения 3 на такую константу пропорциональности, мы наконец сможем написать желаемое уравнение:

$$a = kf/m \qquad \text{(уравнение 4)}.$$

Присутствие неопределенной константы пропорциональности — это вызов ученым, и они прикладывают все силы, чтобы ее определить. В данном случае мы вправе сами установить единицы ускорения, силы и массы и потому можем выбрать их так, чтобы значение константы равнялось единице. Конечно, единицу при умножении можно не ставить. При условии, что мы правильно выбрали единицы измерения, можем написать уравнение 4 следующим образом:

$$a = f/m \qquad \text{(уравнение 5)}.$$

Простое алгебраическое преобразование дает нам следующую форму уравнения:

$$f = ma \qquad \text{(уравнение 6)}.$$

И именно это (наконец!) является тем, что написано на спинке моей майки.

Связь с Ньютоном объяснить нетрудно. То, что столь просто было изложено сейчас, оказалось простым только потому, что Исаак Ньютон впервые объяснил это в своей книге «Principia Mathematica» («Основы математики»), опубликованной в 1687 году. То, что я вам представил, — уравнение 6, — это самое простое выражение второго закона механики Ньютона.

Почему именно второго закона? Потому что был и первый закон.

Формулировка первого закона Ньютона выглядит следующим образом: «Всякое тело пребывает в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока действующие на него силы не изменят это состояние».

Постоянная скорость предусматривает нулевое ускорение. Таким образом, первый закон механики Ньютона в математических символах выглядит следующим образом: «Если $f = 0$, то $a = 0$».

Но если мы посмотрим на уравнение 6, то сможем увидеть (предположив, что тело имеет некоторую массу), что при $f = 0$ a должно быть равно 0:

$$0 = m \times 0 \qquad \text{(уравнение 7)}.$$

Отсюда видно, что первый закон механики Ньютона — всего лишь особый случай второго закона Ньютона, а уравнение 6 описывает как первый, так и второй закон движения. Зачем тогда потребовалось формулировать первый закон? Разве Ньютон не видел, что с математической точ-

ки зрения это одно и то же? Конечно видел. Причина в том, что, определяя новую картину мира, он должен был сначала отбросить существовавшую прежде систему, и потому психологически важно было показать это первым.

Есть и третий закон механики, также выдвинутый Ньютоном. Этот закон утверждает, что если тело А воздействует с какой-то силой на тело В, то тело В воздействует с точно такой же силой на тело А.

Этот закон обычно называют законом действия и противодействия, хотя это название и не является удачным. Оно создает совершенно неверное впечатление, которое запутало бессчетное число людей.

Слова «действие и противодействие» заставляют думать, что А действует на В и после этого В действует на А. Это выглядит так, словно А берет на себя инициативу, а В только наносит ответный удар вроде самозащиты, после того как его атаковали, — изменение и противодействие изменению, выпад и ответный выпад, первый ход в шахматах и второй ход.

Это может привести к совершенно бесплодным рассуждениям. К примеру, после того, как А действует на В, через какое-то время В действует на А, и, если придумать что-то, чтобы после действия А и перед обратной реакцией В произошла какая-то работа, можно нарушить закон сохранения момента движения или сделать что-то вроде этого.

Проблема состоит в том, что действие и противодействие не существуют независимо. Третий закон следует назвать законом взаимодействия для обоих тел, которые действуют одновременно.

Вместо того чтобы долго доказывать это, я хотел бы пояснить на примере. Предположим, я го-

ворю вам, что закон контакта Азимова гласит: «Если А касается В, то В касается А».

Вы думаете, что А сначала касается В, а лишь позднее В касается А? Вы считаете, что есть маленький, но конечный интервал между тем, как А касается В, и тем, как В касается А? Вы думаете, что вы можете рассматривать касание только лишь А или В? Или же вы должны рассматривать единство двух прикосновений, которые отделить друг от друга невозможно?

Конечно, я уверен, вы пришли к правильному выводу.

Теперь, когда мы знакомы с законами движения, давайте обратимся к силе притяжения, которую Ньютон также рассмотрел в «Principia Mathematica» («Основы математики») и о которой мы говорили в главе 5.

Если мы выпустим мяч из рук, он будет падать вниз с постепенно увеличивающейся скоростью. Другими словами, он будет с ускорением двигаться вниз. Из второго закона механики следует, что ускорение не может существовать без действующей на тело силы. Таким образом, чтобы не нарушать второй закон, необходимо постулировать гравитационную силу в направлении центра Земли, которая действует на любую массу. Чтобы обозначить эту особую силу тяготения, используем букву *F*.

Если бы сила гравитации была постоянной величиной независимо от природы падающего тела, тогда более массивное тело ускорялось бы меньше (то есть падало бы медленнее), чем массивное. Это наиболее просто выражено в уравнении 2.

Но это не так. Итальянский ученый Галилей примерно за столетие до опубликования «Principia Mathematica» провел эксперименты, убедительно доказывающие, что все тела, какую бы

массу они ни имели, ускоряются одинаково во время падения (если мы не берем в расчет сопротивление воздуха).

Ну а если тело А вдвое массивнее тела В, тогда потребуется вдвое большая сила, чтобы заставить его ускоряться до той же величины. Соответственно, если тело А в пять раз массивнее тела В, то для него нужна в пять раз большая сила, чем для тела В, и так далее.

Таким образом, если опыт Галилея правилен, тогда все тела вне зависимости от их массы будут ускоряться при падении одинаково, а гравитационная сила, производимая Землей, — прямо пропорциональна массе падающего тела. Или в виде формулы:

$$F \sim m \qquad \text{(уравнение 8)}.$$

Но по третьему закону механики Ньютона, если Земля прикладывает силу, действующую на падающее тело в направлении вниз, то падающее тело прикладывает такую же силу по отношению к Земле.

Это означает, что когда падающее тело получает ускорение вниз, то Земля получает ускорение вверх. Однако Земля является более массивной, чем падающее тело, и ускоряется в значительно меньшей степени. (Я слышу ваши возражения: «Но вы только что сказали, что все тела любой массы ускоряются одинаково». Да, но в ответ на гравитационное воздействие Земли. Все тела любой массы также ускоряются одинаково по отношению к падающему телу — но только по отношению к нему. Одно «одинаково» не совпадает с другим «одинаково».)

Земля настолько массивней падающих тел, которые мы обычно используем, что ускорение Земли по отношению к ним заметить совершенно не-

возможно. Это несколько запутывает дело, и хорошо, что Ньютон просто отбросил это усложнение: это позволило ему понять, что притяжение — не только свойство Земли, но и свойство всех объектов во Вселенной.

По третьему закону, если Земля притягивает к себе падающие тела, падающие тела должны совершенно так же притягивать Землю. Если сила притяжения зависит от массы падающего тела, это должно также зависеть от массы Земли, поскольку мы не можем дать одной стороне преимущественного положения перед другой. Если мы обозначим массу Земли буквой M, то получается следующее:

$$F \sim mM \qquad \text{(уравнение 9)}.$$

Гравитационная сила также зависит от расстояния между телами. Разумно предположить, что чем дальше два тела друг от друга, тем слабее их притяжение друг к другу. Можно доказать, что гравитационная сила пропорциональна расстоянию между падающим телом и Землей. Из принципа симметрии, однако, должно следовать, что гравитационная сила точно так же должна быть пропорциональна между Землей и падающим телом. Ясно, что оба эти расстояния совершенно равны, и если одно из них обозначить через d, то так же можно обозначить и второе расстояние. В этом случае гравитационная сила везде пропорциональна $d \times d$, или d^2, и обратно пропорциональна $1/d^2$. Таким образом:

$$F \sim 1/d^2 \qquad \text{(уравнение 10)}.$$

И если мы объединим уравнения 9 и 10, то получим:

$$F \sim mM/d^2 \qquad \text{(уравнение 11)}.$$

Чтобы превратить эту формулу в равенство, мы должны умножить правую сторону уравнения на коэффициент пропорциональности. В этом случае давайте назовем его гравитационной постоянной и обозначим буквой G. Уравнение 11 тогда приобретет следующий вид:

$$F = GmM/d^2 \quad \text{(уравнение 12)}.$$

Это уравнение представляет собой ньютоновский закон гравитации в самом простом виде.

Теперь давайте посмотрим, сможем ли мы упростить это равенство. Рассмотрим гравитационную силу в терминах ускорения. Ускорение Земли столь мало, что мы можем не принимать его во внимание, а иметь дело лишь с ускорением падающего тела. В уравнении 6 мы можем заменить F выражением ma и затем сократить m с обеих сторон уравнения. Это даст нам следующее:

$$a \sim GM/d^2 \quad \text{(уравнение 13)}.$$

Можем мы также избавиться и от G?

$$G \sim ad^2/M \quad \text{(уравнение 14)}.$$

К сожалению, это тоже нам никак не помогает. Мы можем измерить ускорение падающего тела (a) и расстояние между падающим телом и центром Земли (d), но у нас нет совершенно никакой информации о массе Земли (M). Или, по крайней мере, ее не было у Ньютона.

Однако, чему бы G ни равнялось, его значение остается тем же для всех возможных значений a, d и M при условии, что вы выражаете a, d и M при помощи одного и того же набора единиц. В этом случае давайте очень тщательно выберем набор единиц, который бы позволил нам избавиться от G.

Давайте использовать массу Земли как единицу массы, радиус Земли как единицу расстояния, а единицу гравитационного ускорения как единицу ускорения. Земля будет составлять ровно 1 массы Земли, расстояние падающего тела от центра будет равно точно 1 радиуса Земли, а ускорение падающего тела будет равно точно 1 единице гравитационного ускорения. В этом случае:

$$G = 1 \times 1^2/1 = 1 \text{ (уравнение 15).}$$

Пока мы будем придерживаться этих единиц, мы можем убрать G и написать уравнение 13 следующим образом:

$$a = M/d^2 \quad \text{(уравнение 16).}$$

Если мы будем применять это уравнение только по отношению к Земле, то оно станет совершенно бесполезным. Единственное, что из него следует, — тело с размерами и массой Земли падает так, как мы видим его падающим. Не более того!

Но что будет, если мы переместимся к поверхности Луны? Масса Луны в 0,0124 раза меньше массы Земли, то есть составляет 0,0124 земной массы. Расстояние от падающего на Луну объекта от центра Луны равно радиусу Луны, который составляет 0,27 земного радиуса. Таким образом, мы находим из уравнения 16 (при том, что теперь M представляет массу Луны и d — расстояние до центра Луны):

$$a = 0{,}0124/0{,}27^2 = 0{,}17 \text{ (уравнение 17).}$$

Мы видим, что падающее тело на поверхности Луны движется вниз с ускорением в 0,17 (грубо говоря, $^1/_6$) единицы ускорения. Для простоты примем, что на Луне тело ускоряется в 1,6 раза быстрее, чем на Земле, а это значит, что притя-

жение на Луне только в 1,6 раза меньше, чем на Земле.

Мы узнали это, не имея гравитационной постоянной. Но мы избавились от нее только потому, что использовали своеобразные единицы. Можно преобразовать единицы гравитационного ускорения в обычные, используя сантиметры и секунды. Для этого потребуется провести ряд измерений. Можно также преобразовать единицу радиуса Земли в обыкновенные единицы, используя сантиметры, прямыми измерениями. Но что нужно сделать с единицей массы Земли?

Эта проблема долгое время оставалась нерешенной, но тем не менее выход был найден. И если вы не возражаете, я завершу свою главу точно так же, как завершил предыдущую.

Местом, где это произошло, была Англия; временем, когда это произошло, был 1798 год; человеком, который это сделал, был Генри Кавендиш, а метод заключался в том, что... но немного потерпите.

Глава 7
ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ «ВЗМАССИЛ» ЗЕМЛЮ

Всего несколько дней назад я был на вечеринке, и одна дама, с которой я не был знаком, отвела меня в уголок и по причинам, мне неизвестным, начала очень подробно рассказывать о многочисленных успехах своего сына.

Поскольку меня очень мало интересовала эта тема, как вообще мало интересует все, что не связано с моей собственной персоной (об этом более или менее прямо говорят все мои друзья и родственники, но надо заметить, что это общая черта писателей. — *Примеч. авт.*), я быстро устал. В

отчаянии пытаясь остановить поток ее слов, я решил задать ей какой-нибудь вопрос.

Первое, что пришло мне в голову, было:

— А этот замечательный мальчик — единственный ваш сын?

На это дама с чувством возразила:

— О нет! У меня еще есть дочь!

Это был хороший ответ. Дама никак не могла понять, почему я смеюсь, и даже когда я объяснил, сочла, что здесь нет никакого юмора.

Суть этой ситуации заключалась в том, что дама меня не слушала (что может случиться с каждым), но человечество в целом не желает обращать внимания на что-либо, помимо себя, и это всегда очень мешало понимать окружающий мир.

В допромышленную эпоху, к примеру, мальчики в семье почитались больше, чем девочки. Мальчики вырастали в мужчин и, таким образом, приносили большую пользу обществу. Девочки же становились девушками, которые требовали лишь затрат на их содержание. Естественно, девочек часто игнорировали, и синонимом слова «ребенок» был «сын».

Подобное отношение порой встречается и в наши дни, и, хотя многие отрицают это, в глубине души они относятся именно так. Думаю, когда эта дама услышала фразу «ваш единственный сын», она искренне не видела разницы между этим выражением и выражением «ваш единственный ребенок» и ответила соответственно.

Какое отношение все это имеет к данной главе? У ученых есть аналогичные проблемы: до сегодняшнего дня они не могут окончательно освободиться от устаревших представлений.

К примеру, все мы думаем, что хорошо знаем, что такое «вес» какого-либо тела, «взвешивание», и понимаем, когда нам говорят, что одна вещь «легче» или «тяжелее» другой.

Но я не уверен, что мы понимаем эти понятия правильно. Даже физики, которые прекрасно знают, что такое «вес», иногда используют это понятие неточно и некорректно.

Позвольте мне объяснить свои слова. При воздействии на тело гравитационного поля это тело начинает двигаться с ускорением. Представьте, к примеру, что в космическом пространстве внезапно появляется материальный объект без ускорения движения относительно какого-нибудь находящегося поблизости астрономического тела. Он либо неподвижен относительно этого тела, либо движется с постоянной скоростью.

Если в данной точке пространства нет гравитационного поля, то тело или останется неподвижным, или продолжит движение с постоянной скоростью. Если, однако, у какого-нибудь находящегося поблизости большого тела все же есть гравитационное поле, то движение объекта начнет ускоряться и он будет двигаться все быстрее и быстрее или же медленнее и медленнее. При этом он может изменять направление движения.

Поскольку в любой Вселенной, содержащей материю, гравитационное поле (каким бы слабым оно ни было) должно существовать во всех точках, ускорение является нормой для объектов в космосе, на которые действуют только гравитационные поля, а движение без ускорения может быть лишь недостижимым идеалом.

Конечно, если два объекта ускоряются одинаково относительно третьего тела, эти тела кажутся находящимися в состоянии покоя относительно друг друга. Вот почему вы так часто кажетесь

себе покоящимся на месте. Вы действительно покоитесь относительно Земли, но это потому, что и вы, и Земля движетесь с ускорением относительно гравитационного поля Солнца абсолютно одинаково.

Но почему ваше движение не ускоряется гравитационным полем Земли? Представьте, что под вами вдруг образовался провал. Вы немедленно, в ответ на действие гравитационного поля Земли, начнете с ускорением двигаться вниз.

Единственная причина, почему это не случилось сразу, заключается в том, что расстояние от нас до центра Земли заполнено твердым телом и что электромагнитные силы, которые взаимодействуют в этом теле, держат частицы очень прочно, не позволяя вам проваливаться сквозь Землю.

В некотором смысле, однако, любой материальный объект, защищенный от необходимости отвечать на гравитационное воздействие, «пытается» это сделать. (Я в этой главе заключаю в кавычки все слова, которые наделяют материальные объекты человеческими свойствами и желаниями. На самом деле ничего человеческого у них нет, просто мне трудно удержаться от возможности объяснять более наглядно. — *Примеч. авт.*) Тело движется в том направлении, в котором «хочет» двигаться. Именно эта «попытка» ускорить свое движение в ответ на тяготение и дает ту силу, которая может быть измерена и названа весом.

Предположим, мы используем скрученную пружину для измерения силы. Если мы потянем за такую пружину, она станет длиннее. При удвоении силы мы получим, соответственно, двойной эффект. Таким образом, величина растяжения спирали будет соответственно пропорциональна величине силы, применяемой к ней.

Если теперь вы прикрепите один конец спирали к потолку и подвесите к ней какой-нибудь объект, то она удлинится, словно была приложена сила. В данном случае действительно была приложена сила. Данный объект «пытается» двигаться вниз, и сила, появившаяся в результате этой «попытки», приводит к удлинению пружины.

Мы можем откалибровать эту пружину, заметив величину удлинения, производимого телами, чей вес берем за стандарт. Как только это будет сделано, мы можем считать вес любого объекта по показаниям прикрепленного к пружине указателя, который точно покажет нам вес на шкале.

Наше понимание веса до сих пор происходило из того факта, что, взяв предмет в руку, мы были вынуждены более или менее напрягать ее, чтобы тело осталось неподвижным в гравитационном поле Земли. Поскольку мы считаем гравитационное поле Земли чем-то само собой разумеющимся и никогда не сталкивались с его изменением, мы связываем понятие веса исключительно с объектом.

Объект является тяжелым, считаем мы, потому что он тяжелый от природы — и мы настолько уверены в этом, что даже не пытаемся усомниться, так ли это на самом деле. Вес объекта, погруженного в жидкость, уменьшается, поскольку на тело действует выталкивающая сила, которая вычитается из гравитационной силы, действующей вниз. Если выталкивающая сила достаточно велика, тело будет плавать на поверхности воды — и чем больше плотность жидкости, тем больше выталкивающая сила. Дерево, к примеру, будет плавать в воде, а железо — в ртути.

Мы и в самом деле считаем, что железный шар должен быть легче в воде, чем на открытом воздухе, но мы не обращаем на этот факт никакого

внимания. Мы не думаем о весе как о силе, которой могут противостоять другие силы. Когда при определенных обстоятельствах вес падает до нуля, это нас изумляет; то, что астронавты парят в невесомости, кажется нам противоестественным (они «за пределами сил тяготения», как говорят многие не разбирающиеся в предмете комментаторы новостей).

Итак, вес частично зависит от свойств самого объекта — но он также зависит и от интенсивности гравитационного поля, на которое реагирует этот объект. Если мы будем стоять на поверхности Луны и держать объект в руках, то он будет «пытаться» ответить на гравитационное поле, которое составляет только одну шестую интенсивности на поверхности Земли. Таким образом, и вес может составлять только одну шестую.

Каким является неотъемлемое свойство материи, от которого, в частности, зависит вес? Это масса (см. главу 5). Этот термин и эту концепцию ввел Ньютон.

Производимая телом сила, «пытающаяся» ответить на гравитационное поле, пропорциональна этой массе, так же как и величине гравитационного поля. Но на поверхности Земли гравитационное поле неизменно, так что мы можем сказать, что производимая телом сила, «пытающаяся» ответить на гравитационное поле Земли, при обычных обстоятельствах пропорциональна только массе этого тела.

(На самом же деле гравитационное поле Земли изменяется от участка к участку, в зависимости от расстояния от этой точки до центра Земли и от распределения материи вокруг этой точки. Эти различия трудно определить, измеряя вес рукой, но точные измерения все же позволяют это сделать.)

Поскольку вес при обычных обстоятельствах пропорционален массе (и наоборот), трудно бороться с искушением рассматривать их как нечто идентичное. Когда понятие массы только было установлено, ей дали единицы измерения (к примеру, фунты), которые до того использовались для измерения веса. И по сей день мы говорим «масса два килограмма» и «вес два килограмма» — а это неправильно. Такие единицы, как килограммы, следует применять только к массе, а весу следует дать единицы силы — но попробуйте говорить об этом с каменной стеной.

Единицы были выбраны с учетом того, чтобы на поверхности Земли масса шесть килограммов имела и вес шесть килограммов, — но на лунной поверхности то же самое тело будет по-прежнему иметь массу шесть килограммов, а вес — только один килограмм.

Спутник, вращающийся по орбите вокруг Земли, находится по отношению к Земле в свободном падении и без помех отвечает на гравитационное поле нашей планеты. Однако он не падает на Землю. Таким образом, масса шесть фунтов на спутнике имеет вес ноль фунтов — и то же относится ко всем объектам, сколь бы массивны они ни были. Объекты на орбитальном спутнике являются невесомыми (если точнее, объекты на спутнике «пытаются» ответить на гравитационное поле самого спутника и других объектов на нем, но эти поля ничтожно малы, так что их можно не принимать во внимание).

Значит ли это, что схожесть веса и массы, к которой мы привыкли на поверхности Земли, в космосе не существует? Конечно. Инерция любого объекта — то есть сила, противостоящая ускорению, — зависит только от массы объекта. Большой металлический штырь столь же трудно двигать на

Луне, как и на Земле. Трудности в перемещении на космической станции те же, хотя там вес равен нулю.

Астронавтам придется быть осторожными, — и если они не учтут полученных предостережений, то могут умереть.

Каким образом мы можем измерить массу? Единственный способ — использовать нечто вроде устройства из двух чашечек, балансирующих относительно некоего центра. Предположим, что какой-либо объект неизвестного веса помещен в левую чашечку. Она опускается, а правая поднимается.

Далее предположим, что мы кладем несколько металлических брусков, каждый из которых весит ровно один грамм, в правую чашечку. Пока вес всех брусков будет меньше веса объекта, находящегося в левой чашечке, правая останется поднятой. Как только вес содержимого левой и правой чашечек станет одинаковым, они установятся на одном уровне и, таким образом, вес объекта в левой чашечке будет нам известен.

Но теперь оба веса одновременно являются объектами влияния гравитационного поля, так что эффект этого поля уравновесится. Если это поле усилится или ослабнет, то, соответственно, усилится или ослабнет его влияние на оба объекта одновременно, так что они все равно окажутся сбалансированными. К примеру, эти два тела сохранят свой баланс, если их перенести на Луну. Такой баланс означает, что осталось только одно свойство, которое можно измерить, — масса.

Ученые предпочитают измерять массу, а не вес, и потому используют понятия «более массивный» и «менее массивный» вместо «более тяже-

лый» и «более легкий» (хотя часто и они делают оговорки).

И даже ученые еще окончательно не освободились от «доньютоновского» мышления через три столетия после Ньютона.

Попытайтесь представить себе такую ситуацию: химик тщательно измеряет массу какого-либо объекта, используя точные химические весы, и добивается того, что две чашечки весов, как мы описали выше, приходят в равновесие. Что он делает? Он «измеряет массу» объекта. Можно сказать это короче? Очевидно, нет. Нельзя ведь сказать, что он «отмассил» объект или «смассил» его. Единственное, что он все же может произнести, — это то, что он «взвесил» объект, и он обязательно так скажет. И я тоже так скажу.

Но взвесить предмет — значит определить его вес, а не его массу. Мы вынуждены использовать термины, что были до Ньютона.

Эти маленькие частицы металла, каждая из которых весит по грамму (или любой другой весовой эквивалент), должны получить название «стандартные массы», если они используются для измерения массы. Но они не используются. Они называются «вес».

Химик часто имеет дело с массами атомов, из которых состоят различные элементы. Эти массы называют «атомными весами». Но на самом деле это не веса, это массы. (В русском языке используется термин «атомная масса». — *Примеч. пер.*)

Короче, независимо от того, знает ученый разницу между понятиями «масса» и «вес», он тем не менее пользуется устоявшимися терминами. Здесь он похож на даму, которая не видела разницы между выражением «единственный сын» и «единственный ребенок».

Но продолжим. В предыдущей главе я говорил о массах астрономических объектов в терминах массы Земли. Юпитер в 318 раз массивнее Земли; Солнце в 330 000 раз массивнее Земли; Луна в $^{1}/_{81}$ раза массивнее Земли и так далее.

Но какова масса Земли в килограммах (или в любых других единицах массы, которые мы можем сопоставить со знакомыми нами объектами)?

Чтобы определить это, мы должны воспользоваться уравнением Ньютона, приведенным в предыдущей главе, то есть:

$$F = GmM/d^2 \quad \text{(уравнение 1)}.$$

Если это уравнение применять, например, к падающему камню, то F — это гравитационная сила, воздействующая на камень, G — универсальная гравитационная постоянная, m — это масса камня, M — масса Земли, а d — расстояние от центра камня до центра Земли.

К сожалению, из пяти приведенных величин человек в XVIII столетии мог определить только три. Масса камня (m) может быть найдена легко, а расстояние от центра камня до центра Земли (d) были способны определять еще древние греки. Сила тяготения (F) может быть вычислена путем измерения ускорения, с которым камень реагирует на гравитационное поле. Эти измерения произвел Галилей.

Только значения гравитационной постоянной и массы Земли остаются неизвестными. Если узнать значение G, то сразу можно узнать и значение массы Земли. И наоборот, если узнать M, можно быстро определить универсальную гравитационную постоянную.

Так что же нам делать?

Масса Земли может быть определена непосредственно, если бы мы могли провести над ней оп-

ределенные манипуляции: положив на чашечку весов, сравнивая с каким-нибудь стандартным весом или что-то в этом роде. Однако с Землей ничего подобного сделать нельзя, так что нам придется об этом забыть.

Тогда рассмотрим G. Это универсальная гравитационная постоянная, и она остается одинаковой для любого гравитационного поля. Это означает, что нам не обязательно использовать лишь гравитационное поле Земли для его определения. Вместо этого можно использовать гравитационное поле любого другого объекта, поддающегося манипуляциям.

Предположим, что мы подвешиваем какой-нибудь объект на пружине; она тут же начнет удлиняться благодаря притяжению Земли. Затем мы поместим под подвешенный предмет большой камень. Теперь гравитационное поле камня суммируется с гравитационным полем Земли, в результате чего пружина немного удлинится.

По величине дополнительного удлинения пружины мы можем определить интенсивность гравитационного поля камня.

Это выглядит следующим образом:

$$f = Gmm'/d^2 \quad \text{(уравнение 2)},$$

где f — интенсивность гравитационного поля камня (измеренное дополнительным удлинением пружины), G — гравитационная постоянная, m — масса подвешенного на пружине объекта, m' — масса камня, а d — расстояние между центром камня и подвешенного объекта.

В этом уравнении может быть определена любая величина, за исключением G, так что мы можем переписать уравнение 2 в следующем виде:

$$G = fd^2/mm' \quad \text{(уравнение 3)}$$

и сразу получаем значение G. Как только мы узнаем это значение, то сможем подставить его в уравнение 1, которое позднее решим для M (массы Земли) следующим образом:

$$M = Fd^2/Gm \quad \text{(уравнение 4)}.$$

Но здесь возникает трудность. Гравитационное поле камня столь слабо по отношению к массе Земли, что произвести необходимые измерения крайне затруднительно. Камень под телом с пружиной не окажет того эффекта, который можно было бы легко измерить.

Поскольку нет никакой возможности усилить гравитационное поле, следует использовать какое-либо устройство. Нам нужно устройство, способное определить крайне незначительную гравитационную силу тела, достаточно малого, чтобы измерения можно было произвести в лаборатории.

Необходимую точность измерений удалось получить только после изобретения так называемого торсионного баланса французским физиком Шарлем Огюстеном Кулоном в 1777 году и английским геологом Джоном Мичеллом.

Вместо того чтобы использовать пружину или весы с чашечками, было решено обратиться к скручиванию струны или нити.

Если струна или нить очень тонки, то требуется приложить очень малую силу, чтобы произошло их скручивание. Чтобы определить его, необходимо прикрепить вертикальную нить к центру длинного горизонтального стержня. Даже маленькое скручивание приведет к большому перемещению конца стержня. Если используется тонкая нить и длинный стержень, торсионный баланс может быть очень точным — достаточно точным для определения малого гравитационного поля любого объекта.

В 1798 году английский химик Генри Кавендиш применил принцип торсионного баланса к определению значения *G*.

Предположим, что у нас есть стержень длиной шесть футов, на каждом конце которого находится по свинцовому шарику диаметром два дюйма. Подвесим этот стержень за центр на тонкой нити.

Если приложить очень малую силу к свинцовому шарику на одной из сторон, то горизонтальный стержень повернется и нить, к которой он привязан, скрутится. Скрутившаяся нить будет «пытаться» раскрутиться. Чем больше нить скрутится, тем сильнее сила раскручивания. В конце концов сила противодействия скручиванию уравновешивает силу, вызывающую скручивание, и нить замрет в новом устойчивом положении. Из величины, на которую изменится положение нити, можно определить величину силы, воздействующую на свинцовый шар.

(Естественно, вы можете поместить все устройство в ящик и перенести его в герметично закрытую комнату, где отсутствуют факторы, искажающие картину.)

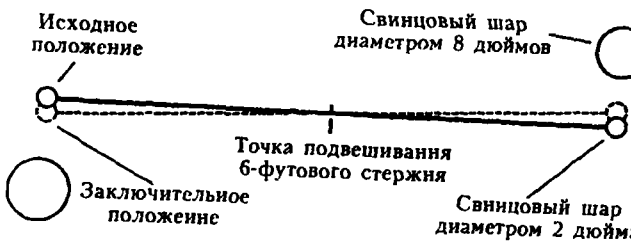
Если стержень изменяет положение очень мало, это означает, что даже незначительное скручивание тонкой нити вызывает достаточное противодействие, чтобы сбалансировать приложенную силу. Тогда следует прилагать малую силу — а это именно то, что искал Кавендиш.

Он прикрепил свинцовые шары к концам стержня, а потом подвесил по такому же шару диаметром восемь дюймов с каждой стороны стержня.

Гравитационное поле больших свинцовых шаров теперь могло служить для скручивания нити и вынудить стержень занять новое положение (см. рис.).

Кавендиш повторял этот эксперимент снова и снова и из изменения положения стержня (и, следовательно, из скручивания нити) определил значение f в уравнении 3. Поскольку он знал значения m, m' и d, он смог вычислить значения G.

Полученное Кавендишем значение менее чем на 1% отличается от принятого ныне, которое равно $0{,}0000000000667$ м^3/кг $\times$ с^2. (Не спрашивайте, в каких единицах было определено значение; эти единицы необходимы для того, чтобы сохранилась размерность уравнения.)



Определив значения G в данных единицах, мы можем решить уравнение 4 — и если используем правильные единицы, то можем узнать общую массу Земли в килограммах. Оказывается, масса Земли составляет 5 983 000 000 000 000 000 000 000, или $5{,}983 \times 10^{24}$, килограммов. (Если вы хотите выразить эту величину словами, то можно сказать, что масса Земли составляет около шести септиллионов килограммов.)

Получив массу Земли в килограммах, мы также можем определить и массу других объектов — при условии, что их отношение к массе Земли известно. Луна, масса которой составляет $^1/_{81}$ массы Земли, имеет массу $7{,}4 \times 10^{22}$ килограмма. Юпитер массой в 318 масс Земли — $1{,}9 \times 10^{27}$ ки-

лограмма. Солнце с его массой, составляющей 330 000 масс Земли, — 2×10^{30} килограммов.

Таким образом, Кавендиш измерил не только массу Земли, но и массу всех прочих объектов во Вселенной (по крайней мере, в потенциале), взяв за основу в эксперименте всего лишь перемещение пары свинцовых шаров.

Неплохо для простого уравнения?

Но — и это ключевой момент всей главы — когда кто-либо желает упомянуть достижение Кавендиша, что он говорит? Что Кавендиш взвесил Землю.

Даже физики и астрономы так говорят.

Но он этого не делал! Он определил массу Земли. Он «взмассил» Землю. Такого слова в нашем языке нет, но это недостаток языка, а не мой. Что касается меня, то я считаю, что Кавендиш тот человек, который именно *«взмассил»* Землю — нравится это нам или нет.

Остается вопрос: «Каков же все-таки вес Земли?»

Ответ прост. Земля находится в свободном падении и, подобно любому объекту в этом состоянии, всецело реагирует на гравитационные поля, предметом воздействия которых является. Но эти воздействия не имеют никаких последствий, и потому Земля не имеет веса.

Таким образом, вес Земли равен нулю.

Глава 8
ЛЮКСОННАЯ СТЕНА

Как вы думаете, мои научные очерки появлялись в «Тайм»? (Давайте зададим этот вопрос, почему бы нам его не задать? А между тем это

так, статья, о которой идет речь, появилась несколько месяцев назад, она называлась «Невозможно, и это все».

А касается статья невозможности достижения скорости света и превышения этой скорости. После того как статья была опубликована, появилось очень много разговоров о частицах, которые двигались быстрее скорости света, и на их фоне я выглядел занудой, который не признает развития физики, преодолевшей рамки старого мышления. Что еще хуже, в ней цитировался мой старый друг Артур Кларк (упомянул об это лишь случайно. — *Примеч. авт.*), и его рассуждения имели заголовок «Возможно, это все», что создавало впечатление, будто Артур смотрит вперед намного дальше, чем я.

К счастью, я настолько терпим, что меня не волнуют подобные вещи, и я просто выбросил это из головы. Когда я в следующий раз встретил Артура, мы по-прежнему оставались друзьями — если не считать легкого удара в челюсть, который он получил от меня.

В любом случае я не зануда, и мне не нужно прилагать слишком много усилий, чтобы это доказать.

Давайте начнем с уравнения, которое впервые было выведено голландским физиком Хендриком Антоном Лоренцем в 1890-х годах. Лоренц думал, что уравнение применимо только к электрически заряженным телам, но Эйнштейн позднее ввел его в теорию относительности, показав, что оно применимо ко всем телам, вне зависимости от того, несут они электрический заряд или нет.

Я не буду представлять уравнение Лоренца в его обычной форме, а покажу несколько видоиз-

мененным. Моя версия этого уравнения следующая:

$$m = k / \sqrt{1 - (v/c)^2} \quad \text{(уравнение 1)}.$$

В этом уравнении m представляет массу тела, v — скорость, с которой тело движется относительно наблюдателя, c — скорость света в вакууме, а k — некоторое значение, постоянное для рассматриваемого тела.

Далее предположим, что тело движется с одной десятой скорости света. Это означает, что $v = 0{,}1\ c$. В этом случае дискриминатор дроби с правой части уравнения 1 становится:

$$\sqrt{1 - (0{,}1c/c)^2} = \sqrt{1 - 0{,}1^2} = \sqrt{1 - 0{,}01} = \sqrt{0{,}99} = 0{,}995.$$

Уравнение 1, таким образом, после преобразования выглядит так:

$$m = k/0{,}995 = 1{,}005k.$$

Мы можем применить это же уравнение к разным, постепенно возрастающим скоростям, скажем, к скоростям $0{,}2c$, $0{,}3c$, $0{,}4c$ и так далее. Я не буду утомлять вас вычислениями и сразу представлю конечный результат:

Скорость	Масса
$0{,}1c$	$1{,}005k$
$0{,}2c$	$1{,}03k$
$0{,}3c$	$1{,}05k$
$0{,}4c$	$1{,}09k$
$0{,}5c$	$1{,}15k$
$0{,}6c$	$1{,}24k$
$0{,}7c$	$1{,}41k$
$0{,}8c$	$1{,}67k$
$0{,}9c$	$2{,}29k$

Как видите, из уравнения Лоренца, если оно верно, должно следовать, что масса любого объекта постоянно возрастает при увеличении скорости. Когда было сделано впервые такое предположение, оно казалось противоречащим здравому смыслу, потому что подобного изменения массы до сих пор найти не удавалось.

Причина этого состоит в том, что значение c очень велико по земным меркам — 186 281 миль/с. Со скоростью одной десятой скорости света масса любого объекта возрастает на 0,5% массы объекта, движущегося со скоростью 60 миль/ч — и это увеличение в принципе может быть определено. Однако скорость «всего» в одну десятую скорости света ($0{,}1c$) составляет целых 18 628 миль/с, или 67 миль/ч. Другими словами, чтобы произвести измерения массы, скорости должны быть такими, которые были еще неизвестны ученым 1890-х.

Однако всего через несколько лет были найдены субатомные частицы, вылетающие из радиоактивного атомного ядра со скоростью, очень близкой к скорости света. Их массы могли быть измерены довольно точно при различных скоростях, и уравнение Лоренца получило бы еще одно подтверждение своей верности. Но и до этого момента не было найдено ни одного нарушения уравнения Лоренца для любого тела, двигающегося с измеряемой скоростью.

Таким образом, мы должны принять уравнение Лоренца как верное представление описанной нами грани Вселенной — по крайней мере до следующего замечания.

Приняв уравнение Лоренца, зададим себе несколько вопросов. Первый: что представляет собой k?

Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим какое-либо тело, имеющее массу, покоящимся относительно наблюдателя. В этом случае его скорость равна нулю, и поскольку $v = 0$, тогда $v/c = 0$ и $(v/c)^2 = 0$. Более того, $\sqrt{1-(v/c)^2}$ тогда превращается в $\sqrt{1-0}$, или $\sqrt{1}$, или 1.

Это означает, что для какого-либо тела, покоящегося относительно наблюдателя, уравнение Лоренца приобретает вид $m = k/1 = k$. Из этого мы можем заключить, что k — это масса тела в покое относительно наблюдателя. Ее обычно называют массой покоя и обозначают m_0. Уравнение Лоренца записывают следующим образом:

$$m = m_0 / \sqrt{1-(v/c)^2} \text{ (уравнение 2).}$$

Следующий вопрос: что произойдет, если объект движется со скоростью большей, чем самая высокая скорость, представленная выше в таблице. Предположим, что объект движется со скоростью $1{,}0c$ относительно наблюдателя; другими словами, он движется со скоростью света.

В этом случае выражение под корнем уравнения Лоренца выглядит так:

$$\sqrt{1-(1{,}0c)^2} = \sqrt{1-1^2} = \sqrt{1-1} = \sqrt{0} = 0.$$

Это означает, что для тела, движущегося со скоростью света, уравнение Лоренца приобретает вид: $m = m_0/0$, а из основ математики мы знаем, что делить на ноль нельзя. Математически уравнение Лоренца становится бессмысленным для тела, имеющего массу и движущегося со скоростью света.

Хорошо, тогда давайте возьмем другую скорость.

Пусть скорость из уравнения 2 будет больше $0{,}9c$ — при этом выражение под корнем начнет

быстро приближаться к нулю, а значение m — стремительно возрастать. Это происходит независимо от значения m_0. (Постарайтесь сами рассчитать m для значений скорости 0,99, 0,999 и 0,9999 и так далее, насколько у вас хватит терпения.)

На языке математики мы можем сказать, что в уравнении $c = a/b$ (где a больше, чем 0) при приближении b к нулю c увеличивается беспредельно, то есть это можно записать так: $a/0 = \infty$, где ∞ представляет собой неограниченное возрастание, или бесконечность.

Тогда мы можем сказать, что для любого объекта, имеющего массу (какой бы малой она ни была), эта масса приобретает бесконечные значения, когда его скорость приближается к скорости света относительно наблюдателя.

Это означает, что тело не может в действительности достичь скорости света (хотя оно может бесконечно стремиться к этому значению) и определенно не может ее превзойти. Вы можете аргументировать это следующим образом.

Единственный известный нам метод заставить какой-либо объект двигаться с большей величиной, чем скорость света, — это приложить к нему силу, которая бы произвела это ускорение (см. главу 6). Однако чем больше масса, тем меньше ускорение, произведенное данной силой, и, таким образом, когда масса приближается к бесконечным величинам, ускорение, каким бы большим поначалу оно ни было, будет стремиться к нулю. Следовательно, ни один объект не может двигаться быстрее, чем скорость, при которой масса становится бесконечной.

Второй аргумент таков. Движущееся тело имеет кинетическую энергию, которую мы можем считать равной $mv^2/2$, где m — масса, а v — скорость. Если к телу прикладывается сила таким

образом, что кинетическая энергия возрастает, эта энергия может увеличиться потому, что увеличивается v, или потому, что увеличивается m, или же из-за одновременного увеличения как v, так и m. При обычных скоростях все изменения происходят только со скоростью, так что мы можем предположить (хотя это предположение неверное), что масса остается постоянной при всех обстоятельствах.

Однако на самом деле как скорость, так и масса возрастают в результате приложения силы, но изменение массы столь незначительно при обычных скоростях, что измерения незаметны. Однако когда скорость относительно наблюдателя возрастает, то все больше энергии будет затрачиваться на увеличение массы и меньше — на возрастание скорости. Ко времени, когда скорость окажется очень близкой к скорости света, фактически вся энергия будет затрачиваться на увеличение массы, и ничего не будет оставаться на увеличение скорости. Это приведет к тому, что скорость света никогда не будет достигнута.

И не спрашивайте почему. Так устроен мир.

Однако я надеюсь, вы заметили, что, рассказывая о бесконечном возрастании массы при скорости света, я был вынужден утверждать: «Это правда независимо от значения m_0 — важно лишь то, что оно отлично от нуля».

Конечно, все частицы, из которых мы состоим, — протоны, электроны, нейтроны, мезоны, гипероны и так далее, — имеют массу покоя больше нуля, так что эта оговорка не кажется очень ограничивающей. В самом деле, люди обычно говорят: «Невозможно достичь или превысить скорость света», не уточняя, что они имеют в виду объекты, имеющие массу покоя большую, чем ноль, поскольку они считают, что такими являются все объекты.

Я не уточнял это в статье «Невозможно, и это все», что и дало возможность посчитать меня занудой. Если мы примем во внимание это ограничение, тогда все, что я сказал, примет законченный вид.

А теперь продолжим и рассмотрим тела с массами m_0, не отличными от нуля.

Возьмем, к примеру, протон, частицу электромагнитного излучения — видимый свет, микроволны, гамма-лучи и так далее.

Что мы знаем о протонах? В первую очередь то, что протон всегда имеет конечную энергию, так что значение этой энергии находится где-то между 0 и ∞. Энергия, как показал Эйнштейн, эквивалентна массе, согласно уравнению, которое он записал в следующем виде: $e = mc^2$. Это означает, что масса любого протона может быть вычислена при помощи этого уравнения и иметь величину от 0 и до ∞.

Мы также знаем о протонах, что они движутся (относительно любого наблюдателя) со скоростью света. В самом деле, свет имеет эту скорость потому, что он «состоит» из протонов.

Теперь, когда нам известны эти две вещи, преобразуем уравнение 2:

$$m\sqrt{1-(v/c)^2} = m_0 \quad \text{(уравнение 3)}.$$

Для протонов $v = c$, и теперь уравнение 3 приобретает вид:

$$m(0) = m_0 \qquad \text{(уравнение 4)}.$$

Если бы протон был обыкновенным, имеющим массу объектом и перемещался бы со скоростью света, его масса (m) была бы бесконечной. Урав-

нение 4 тогда бы приобрело вид $\infty \times (0) = m_0$, а подобное уравнение в математике недопустимо.

Протон, однако, может приобрести значение для m от 0 до ∞ (хотя он и перемещается со скоростью света), но для любого значения m между 0 и ∞ значение m_0 в уравнении 4 равно 0.

Это означает, что для протонов масса покоя (m_0) равна нулю. Если масса покоя равна нулю, значит, объект может двигаться со скоростью света.

(Это дает ответ на вопрос, который постоянно мне задают корреспонденты, считая, что они нашли противоречие в логике Эйнштейна. Вопрос звучит так: «Если что-либо, двигающееся со скоростью света, имеет бесконечную массу, как могут протоны не иметь бесконечную массу?» Ответ заключается в том, что следует различать частицы, чья масса покоя равна 0, и частицы, у которых масса покоя больше 0. К сожалению, корреспонденты будут задавать свой вопрос вне зависимости от того, как часто я буду им это объяснять.)

Но пойдем дальше. Предположим, что протон движется со скоростью, меньшей скорости света. В этом случае величина под квадратным корнем в уравнении 3 станет больше нуля — и к тому же будет умножена на массу m, величина которой больше нуля. Если два значения, каждое из которых больше нуля, умножить, тогда результат (в данном случае m_0) должен быть больше нуля.

Это означает, что, если протон движется со скоростью, меньшей скорости света (не важно, насколько меньшей), его масса покоя не может быть равной нулю. То же самое будет справедливо по отношению к протону, двигающемуся со скоростью, большей скорости света. (В дальней-

шем мы увидим, что с уравнением на скоростях, больших скорости света, происходят довольно забавные вещи — но при всем этом следует помнить, что масса покоя в этом случае уже не может быть равна нулю.)

Физики настаивают на том, что масса покоя должна быть постоянной для любого данного тела, поскольку все феномены, которые они измеряют, имеют смысл только в этом случае. Для того чтобы масса покоя протона оставалась постоянной, протон всегда должен двигаться со скоростью света, и ни на йоту больше или меньше — конечно, при условии движения сквозь вакуум.

Когда протон возникает, он немедленно, без какой-либо задержки во времени, начинает двигаться прочь из точки происхождения со скоростью 186 281 миль/с. Это может звучать парадоксально, поскольку подразумевает бесконечное ускорение и, таким образом, бесконечную силу — но стоп...

Второй закон Ньютона, связывающий силу, массу и ускорение, применим только к телам с массой покоя больше нуля. Он действительно неприменим к телам, чья масса покоя равна нулю.

Таким образом, если энергия вливается в обыкновенное тело при обыкновенных условиях, его скорость возрастает; если энергия вычитается, его скорость уменьшается. Если энергия вливается в протон, его частота (и масса) увеличивается, но скорость остается неизменной; если энергия вычитается, его частота (и масса) уменьшается, но скорость также остается неизменной.

Но если все это так, то кажется лишенным здравого смысла говорить о «массе покоя» в связи с протонами, поскольку это подразумевает, что протон имеет в покое массу, а протон никогда не может быть в покое.

Альтернативный термин был предложен О.М. Биланюком и И.К.Г. Сударшаном. Этот термин — «собственная масса». Собственная масса объекта — это постоянное значение массы, которая неотъемлемо свойственна телу и не зависит от скорости. В случае с обыкновенными телами эта свойственная телу масса равна той, которая может быть измерена у данного тела в состоянии покоя. Но в случае с протоном таких прямых измерений сделать невозможно, и потому приходится определять его массу путем размышлений.

Протон не единственное тело, которое может и должно двигаться со скоростью света. Любое тело с собственной массой, равной нулю, может и должно так вести себя. Вдобавок к фотонам существует не менее пяти различных видов частиц, у которых, как полагают, собственная масса равна нулю.

Одна из них — гипотетический гравитон — источник силы гравитации. Существование гравитона, похоже, в 1969 году было подтверждено окончательно.

Другие четыре частицы — это различные нейтрино: 1) само нейтрино, 2) антинейтрино, 3) мюон-нейтрино и 4) мюон-антинейтрино.

Гравитон и все нейтрино могут и должны передвигаться со скоростью света. О.М. Биланюком и И.К.Г. Сударшаном было высказано предложение, что все частицы, двигающиеся со скоростью света, должны быть объединены вместе в группу «люксонов» (от греческого слова, обозначающего «свет»).

Все частицы с собственной массой больше нуля, которые, таким образом, не могут достичь скорости света и потому должны всегда двигать-

ся с меньшими скоростями, собраны вместе в класс «тардионов». Позднее появилось выражение «subluminal», «досветовые», для обозначения скоростей тардионов.

Но представим себе то, что невозможно представить, и рассмотрим частицы, которые могут двигаться со сверхсветовыми скоростями. Впервые в строгом соответствии с релятивистскими принципами (не как простое рассуждение в стиле научной фантастики) это предположение было рассмотрено Биланюком, Сударшаном и Дешпанде в 1962 году — и их работы оставались в центре внимания до того, как Жирар Файнберг в 1967 году опубликовал похожие рассуждения (именно работа Файнберга вызвала дискуссию в «Тайм»).

Предположим, что частица движется со скоростью $2c$, то есть вдвое большей скорости света. В этом случае v/c станет $2c/c$, или 2, а $(v/c)^2$ будет 4. Выражение $\sqrt{1-(v/c)^2}$ примет следующий вид: $\sqrt{1-4}$ или $\sqrt{-3}$ или $\sqrt{3}\sqrt{-1}$.

Поскольку $\sqrt{-1}$ принято обозначать i и поскольку $\sqrt{3}$ приблизительно равняется 1,73, мы можем сказать, что для частицы, движущейся вдвое быстрее скорости света, уравнение 3 приобретает следующий вид:

$$1{,}73mi = m_0 \qquad \text{(уравнение 5)}.$$

Выражение, которое содержит i (то есть $\sqrt{-1}$), считается воображаемым, это просто изображение величины, из которой нельзя извлечь корень.

Легко видеть из взятых наугад примеров, что для любого предмета, двигающегося при сверхсветовых скоростях, собственной массой является воображаемая величина.

Воображаемая масса не имеет никакого физического значения в нашей «досветовой» вселенной, и потому долгое время было принято сразу просто отмахиваться от сверхсветовых скоростей, поскольку не может быть воображаемой массы. Я сам это говорил в свое время.

Но на самом ли деле воображаемая масса не имеет никакого значения? Или, может, произведение *mi* — это просто математическое выражение некоторого набора правил, к которому мы еще не привыкли, — но правил, которые все же подчиняются диктату специальной теории относительности Эйнштейна?

К примеру, мы знаем, что в баскетболе, американском футболе, футболе, хоккее и так далее победителем считается тот — или та команда, — кто имеет больше очков. Но разве это значит, что нет игр, где победитель имеет меньше очков? К примеру, гольф? Главное в любой игре — мастерство; выигрывает тот, кто справляется с более трудными задачами; если о мастерстве, как правило, говорит больший счет, то в гольфе — меньший.

Для того чтобы соблюдались правила специальной теории относительности, любой объект с «воображаемой» массой покоя должен вести себя таким образом, который кажется парадоксальным тем, кто привык иметь дело с объектами с реальной массой покоя.

В этом случае если какой-нибудь объект с воображаемой массой покоя увеличивает свою энергию, его скорость уменьшается, если уменьшает энергию, то его масса увеличивается. Другими словами, любой объект с воображаемой массой покоя замедляется, когда к нему прикладывается сила, и ускоряется, когда встречает сопротивление.

Более того, когда такие частицы получают энергию и замедляются, они никогда не могут за-

медлиться до скорости света. Близ скорости света их скорость становится бесконечной. Однако когда их энергия уменьшается до нуля, их скорость возрастает беспредельно. Любое тело с воображаемой массой покоя, которое имеет нулевую энергию, будет иметь неограниченную скорость. Такие частицы всегда движутся быстрее света, и Файнберг предложил называть их «тахионами» (от греческого слова, означающего «быстрый»).

Хорошо, тогда вселенная из тардионов состоит из частиц, движущихся со скоростями, меньшими скорости света. Вселенная из тахионов состоит из частиц, что движутся быстрее скорости света — от c для бесконечной энергии до ∞ для нулевой энергии. Между этими двумя вселенными находится люксонная вселенная, со скоростями c — не больше и не меньше при любой энергии.

Мы видим, что вся Вселенная как бы разделена на два отделения непроницаемой стеной. С одной стороны — тардионная вселенная, с другой — тахионная, а между ними бесконечно тонкая, но очень жесткая люксонная стена.

В тардионной вселенной большинство объектов имеют малую кинетическую энергию. Те объекты, которые имеют большие скорости (такие, как космические частицы), обладают очень малой массой. Объекты с большими массами (такие, как у звезды) имеют очень маленькую скорость.

То же самое, похоже, справедливо и по отношению к тахионной вселенной. Объекты с относительно малыми скоростями (всего немного большими скорости света) и, таким образом, обладающие большими энергиями, должны иметь малую массу и не очень отличаться от частиц

космических лучей. Объекты с большими массами имеют малую кинетическую энергию и, таким образом, очень большие скорости. Звезда из тахионов, к примеру, должна передвигаться со скоростями, в триллионы раз превышающими скорость света. Но это означает, что масса звезды будет распределена по большим пространствам на протяжении очень малого времени, так что очень малая ее часть будет представлена в любом месте в данный промежуток времени.

Обе вселенные могут встретиться и стать различимыми только в одном месте — у люксонной стены (обе вселенные имеют в своем составе протоны, нейтроны и гравитоны).

Если у тахионов достаточно энергии, они двигаются медленно; может оказаться так, что энергии у них столь много, а движутся они в одном месте столь долго, что могут произвести распознаваемый выброс протонов. Ученые ищут эти выбросы, но вероятность того, что прибор окажется в нужном месте, когда этот выброс (по всей вероятности, не частый) произойдет, судя по всему, равен одной миллиардной, если не еще меньше.

Конечно, у нас может возникнуть мысль: может, нет вообще возможности пробить люксонную стену каким-то другим путем, чем ускоряясь около нее? Но это невозможно. Могут ли тардионы как-то превратиться в тахионы (возможно, при помощи протонов), столкнуться с протонами, так чтобы одна из частиц внезапно оказалась по другую сторону стены, не проходя сквозь нее? (Точно так, как можно объединять тардионы для получения протонов и внезапно получать объекты, которые движутся со скоростью света без чьего-либо ускорения.)

Преобразование в тахионы было бы равнозначно переходу в «гиперпространство», концепция

которого очень мила писателям научной фантастики. В тахионной вселенной космический корабль с энергией, необходимой для движения на скорости, много меньшей скорости света, внезапно обнаружит, что он, затрачивая все ту же самую энергию, летит на скорости, во много раз большей скорости света. Он сможет добраться до отдаленной галактики, скажем, в три секунды, затем перейти обратно в тардионный вид и снова появиться в нашей вселенной. Это дало бы возможность «перепрыгнуть» к звездам, о чем я всегда говорю в своих повестях.

Однако в связи с этим у меня есть идея, которая для меня является совершенно новой. Она не основывается на каком-либо законе физики — я нашел ее чисто интуитивно. Она возникла только потому, что я убежден, что первостепенной характеристикой вселенной является ее симметрия и что первостепенным принципом является мерзкая доктрина: «Ты не можешь победить!»

Думаю, что каждая вселенная представляется себе тардионной вселенной, а на другие смотрит как на тахионную, так что наблюдателю из «ниоткуда» (к примеру, сидящему на вершине люксонной стены) покажется, что люксонная стена разделяет мир на две одинаковые части.

Если нам удастся перенести космический корабль в тахионную вселенную, мы обнаружим себя (я интуитивно это чувствую) все еще двигающимися, по нашим приборам, на досветовых скоростях, а вселенную, которую мы покинули, мы будем считать сверхсветовой.

И если это так, то, куда бы мы ни отправились, что бы мы ни использовали, тахионы или что-то еще, достижение скорости света и переход через нее останется невозможным — вот и все.

Глава 9
ИГРАЯ В ИГРЫ

Мое занятие как литератора, описывающего далеко отстоящие объекты, привело к тому, что уважаемые читатели стали присылать мне письма из весьма отдаленных мест, а также брошюры и книги. Это приветствуется, и я читаю все присланное мне до тех пор, пока не решу, что читать больше не стоит. Это означает, что иногда я читаю все, и с большой пользой для себя, а иногда — только один абзац.

Однако нередко я чувствую, что читать вообще не стоит, еще до того, как открываю книгу, и часто убеждаюсь в этом, прочитав первые абзацы, содержащие информацию рекламного характера. Именно это произошло со мной недавно.

Я получил книгу, призванную (согласно сопроводительному письму) выявить правду относительно происхождения Вселенной и разоблачить «фальшивки» Ньютона и Эйнштейна. Должен признать, что само сопроводительное письмо не внушило доверия. Но справедливости ради я все-таки открыл книгу и прочел то, что было написано на внутренней стороне суперобложки.

Здесь перечислялись некоторые базовые моменты книги, и самым первым было утверждение, в котором автор «полагал», что свет, перемещаясь на большие расстояния, постепенно поглощается; что синий конец спектра поглощается первым и что это свидетельствует о «красном смещении» света от отдаленных галактик.

Если это оказалось бы правдой, тогда все астрономические выводы, основанные на красном смещении, должны быть пересмотрены, а наши самые базовые представления относительно Вселенной должны были бы полностью перевернуть-

ся. Естественно, я нашел такую перспективу просто заманчивой и решил продолжить чтение.

Однако, немного продолжив, я захлопнул книгу и отложил ее в сторону, чтобы потом выбросить. При определенных условиях свет, распространяющийся на большие расстояния, действительно поглощается или рассеивается, и синий цвет действительно поглощается или рассеивается лучше всего, но это не имеет ничего общего с красным смещением. Поскольку автор определенно не знал, что такое красное смещение, какой интерес знакомиться с его взглядом на этот предмет?

Что стоит одна лишь вера сама по себе? Среди любителей в науке очень широко распространено убеждение, что необходимо только создать «теорию», чтобы произвести революцию в науке. Но в действительности «теории» сами по себе — это не больше чем интеллектуальное развлечение; чтобы стать чем-то большим, они должны быть подтверждены наблюдениями. Причем предпочтительно наблюдениями, которые не только подтверждают теорию, но и опровергают противостоящие теории.

Наука, как и другие интеллектуальные игры, имеет свои правила, которые строго соблюдались на протяжении четырех столетий и за это время подтвердили свое право на существование. Те, кто хочет революционизировать науку, должны очень хорошо их изучить — не потому, что это придаст им респектабельности, а потому, поверьте мне, что без них революционизировать науку никогда не удастся.

Странно, что при том, что никто, не изучавший шахматы, не мечтает стать гроссмейстером, столь много любителей с совсем небольшой научной подготовкой — или вообще без нее — убеждены, что они могут найти «очевидные» погрешности в теории Эйнштейна.

Любители не могут утешаться (как они часто делают) мыслью, что они «смеются над Галилеем». Конечно, некоторые могут, но многие не делают этого. Галилей опроверг физику Аристотеля, потому что, кроме прочего, тщательно изучил эту самую физику. Коперник опроверг теорию Птолемея, потому что он также тщательно ее изучил. Везалий опроверг анатомию Галеника, потому что, как легко догадаться, он был специалистом в анатомии Галеника.

Это общее правило, которое надо понять всем «революционерам» (возможно, во всех областях, но определенно в науке): вы должны очень хорошо знать учение, которое стремитесь опровергнуть.

А теперь, в качестве примера, как в научную игру следует играть, давайте продолжим тему про красное смещение, чтобы увидеть, как это явление работает, какие у него причины и как трудно дать этому явлению новую трактовку на основе простого воображения неподготовленного человека.

Изучение этого вопроса начнем с феномена, который обычно не замечался до появления железных дорог.

Представьте, что раздается звук свистка, постоянный по громкости. Когда вы приближаетесь к источнику свиста, он кажется более высоким, чем был бы, если бы вы к нему не двигались. Если же свист удаляется от вас, он кажется ниже. Чем больше скорость свиста, тем больше разница в тоне между временем его приближения и удаления.

Но это лишь бездоказательное утверждение. Прав ли я?

До 1830 года никто, похоже, не задавался вопросом, правдиво ли это утверждение или нет. Возможно, никто и не замечал подобное изменение в высоте звука.

До появления железных дорог самым быстрым движением, с которым сталкивался человек, была езда на галопирующей лошади. Можно представить себе человека, который, сидя в седле, трубит в рог. Если бы наблюдатель смотрел, как этот всадник проносится мимо, то он бы заметил, что при его приближении звук рога имеет более низкий тон, нежели когда всадник удаляется. Но в тот момент, когда бы всадник его миновал, на короткое мгновение наступила бы тишина.

Однако галопирующая лошадь с дудящим в горн всадником — большая редкость; я думаю, это возможно только тогда, когда кто-либо вел за собой отряд на сражение. Когда горн звучит среди ударов пик по щитам или бряцания сабель, думаю, ни один потенциальный наблюдатель не стал бы прислушиваться к изменению тона горна.

Но затем появился локомотив с его паровым свистком, предназначенным для предупреждения людей, чтобы они ушли с дороги! Паровозы начали ходить периодически, и наблюдатель мог прислушиваться к свисткам при их приближении и удалении. Обычно он слышал, как паровой свисток при прохождении паровоза мимо меняет свой тон от «тенора» до «баритона».

После того как это случилось несколько раз, возникло любопытство. Почему это происходит? Почему свисток звучит тоньше, когда поезд приближается, чем когда он удаляется? Почему свисток звучит глубже, когда поезд отъезжает? Откуда это непонятное изменение?

Можно с ходу откинуть мысль, что это шутка машиниста, поскольку подобное происходит со

всеми поездами и всеми машинистами, и столь нелепая шутка просто невозможна. Кроме того, если два человека слушают с разных точек наблюдения, то все равно при приближении звук имеет более высокий тон, чем при удалении.

Австрийский физик Кристиан Иоган Доплер в 1842 году попытался объяснить этот эффект с точки зрения природы самого звука.

Звук, как тогда полагали, — это волновое явление, которое воздействует на ухо человека благодаря чередующимся зонам сжатия и разрежения при распространении через среду, по которой волна перемещается. Расстояние от одной области сжатия до следующей называется длиной волны — и может быть показано, что чем короче длина волны, тем выше тон, и, соответственно, чем длиннее длина волны, тем тон ниже.

При 0 °С звук распространяется со скоростью около 330 м/с. (На протяжении всей этой главы я хочу использовать «метры в секунду» в качестве единицы скорости исключительно по собственной прихоти. Если вам больше нравится «миль в час», просто помните, что 1 м/с равен примерно $^1/_4$ мили/ч. Таким образом, 330 м/с равны 752 миль/ч. — *Примеч. авт.*) Это означает, что каждая область сжатия движется от источника звука во всех направлениях со скоростью 330 м/с.

Теперь предположим, что свисток производит постоянный звук с такой длиной волны, что каждую секунду производится 330 зон сжатия — эта длина волны равна ми выше среднего до на пианино. Через секунду после начала свиста появится 330 зон сжатия, первая из которых продвинется на 330 метров, тогда как остальные ровно

распределятся между ней и свистком. Легко видеть, что расстояние между зонами сжатия будет ровно 1 метр, а это значит, что длина волны звука равна 1 метру.

Но предположите, что свисток размещен на паровозе, который приближается к вам со скоростью 33 м/с, что составляет $^{1}/_{10}$ скорости звука.

Ко времени, когда первая волна сжатия преодолеет 1 метр со своей стартовой точки и начнется испускание второй волны, паровоз пройдет вперед на 0,1 метра. Таким образом, когда появляется вторая волна сжатия, она будет на расстоянии всего 0,9 метра от своей предшественницы, — и это же явление будет происходить с каждой последующей волной сжатия.

Другими словами, если свисток издает звук с длиной волны в 1 метр, когда паровоз относительно вас стоит неподвижно, то при движении поезда длина волны становится 0,9 метра при приближении к вам со скоростью 33 м/с. (Можно легко заметить, что длина волны станет еще короче, если вы будете приближаться быстрее.)

Длина волны 0,9 метра равна частоте 330/0,9, или 367 колебаний в секунду, что почти эквивалентно фа-диезу.

Все будет происходить совершенно иначе, если паровоз начнет двигаться от нас. Тогда, когда первая волна сжатия преодолеет 1 метр к вам и начнется испускание второй волны, паровоз пройдет 0,1 метра от вас и длина волны станет 1,1 метра. Частота будет 330/1,1, или 300 колебаний в секунду, что почти точно соответствует ноте ре.

Тогда мы можем сказать, что свисток паровоза, который обычно издает звук ми, звучит как фа-диез, приближаясь на обычной скорости умеренно быстрого экспресса, и что, миновав наблюдателя, он внезапно меняет звучание на ре.

Итак, тон связан с относительным движением наблюдателя и паровоза. Это может показаться на первый взгляд странным. Но если паровоз приближается и волны сжатия располагаются ближе друг к другу, то нельзя ли нам что-нибудь сделать с наблюдателем? Если вы начнете двигаться в том же направлении, что и паровоз, и с той же скоростью, то волны сжатия, сдвинутые ближе друг к другу из-за движения паровоза, как бы раздвинутся друг от друга, когда они достигнут ваших ушей. И если вы и поезд двигаетесь с одной и той же скоростью, это раздвижение полностью компенсирует сжатие волны. Вы услышите нормальный тон, точно так же, как если бы вы и свисток были неподвижными.

Однако это рассуждение Доплера (приведенное выше) было поначалу лишь простым теоретизированием. Тем не менее оно давало программу для опытов. Теория Доплера связывала скорость звука, скорость источника звука и тон звука совершенно однозначным образом — и необходимо было только, используя соответствующие приборы, провести эксперимент, который бы показал, *в самом ли деле* все параметры звука связаны между собой соотношениями, установленными Доплером.

Чтобы провести такой эксперимент, Доплер в 1844 году взял в аренду вагон-платформу и некоторую часть железнодорожного пути. На вагоне-платформе он разместил трубачей, попросив их производить указанную ноту, не меняя ее тона, когда платформа минует наблюдателя с абсолютным слухом. Наблюдатель заметил предсказываемое изменение тона; на основании скорости звука и скорости вагона-платформы Доплер произвел необходимые расчеты и обнаружил, что услышанное наблюдателем изменение

высоты тона соответствует тому, какое было предсказано теорией. Это изменение тона в зависимости от скорости с тех пор называют доплеровским эффектом.

Доплер сразу увидел, что его теория может быть применима не только к звуку, но и к любому другому волновому явлению. Свет, к примеру, состоит из крошечных волн, и, если источник света, излучающий лишь одну длину волны, приближается к вам, ясно, что для неподвижного наблюдателя длина волны должна укоротиться, а частота увеличиться. Если источник удаляется, волна удлиняется и частота уменьшается.

Каждый раз, когда длина волны изменяется, свет меняет свой цвет. Видимый цвет занимает определенную полосу частот: самые длинные частоты представляет красный, далее идут в порядке уменьшения длин волны оранжевый, желтый, зеленый, синий и фиолетовый (спектр радуги является прекрасным примером).

Тогда, если удаляющийся источник света излучает волны определенной длины, длина этих волн больше, чем была бы, будь источник неподвижным. Его цвет сдвинулся бы в направлении красного. Если же источник света приближается, его цвет сдвигается в направлении фиолетового.

Тогда мы можем сказать, что удаляющийся источник света сопровождается «красным смещением», а приближающийся свет — «фиолетовым смещением». Я считаю, что «красное смещение» — это очень расплывчатый термин. Он звучит, словно красный цвет смещается или что цвет смещается в красный. Неверно ни то ни другое. Поскольку в случае, если источник удаляется, любой цвет любой длины волн будет смещаться по

направлению к красному, нам следует назвать это явление «смещением в красную сторону». Обратное явление следует назвать «смещением в фиолетовую сторону» — или, если это звучит слишком нелепо, можно использовать также выражение «смещение в синюю сторону». (Но это я пишу только из любви к точности. Я и дальше буду использовать термин «красное смещение». — *Примеч. авт.*)

Но теперь, когда мы решили, что доплеровский эффект применим к свету совершенно так же, как к звуку, то, используя простую логику, можем мы немного поиграть в науку и проверить теорию наблюдениями?

Почему бы нам не повторить то, что мы делали со звуком? Свисток паровоза продемонстрировал явное и безошибочно определяемое изменение тона свистка, когда свисток проносится мимо при скорости в одну десятую от скорости звука. Почему бы прожектору паровоза (излучающего свет определенной волны) не показать столь же определенное и безошибочно определяемое изменение цвета, когда паровоз проносится мимо со скоростью одной десятой скорости света?

Проблема состоит в том, что свет летит во много раз быстрее звука. Свет делает около 300 000 000 м/с. Десятая часть этой скорости составляет 30 000 000 м/с и — давайте смотреть правде в глаза — ни один паровоз не может развить такой скорости.

Предположим, что мы возьмем какой-нибудь паровоз, идущий со скоростью 33 м/с. Изменение скорости будет от + 33 м/с (при приближении) до −33 м/с (при удалении) — или суммарно 66 м/с. Это меньше $^{1}/_{4000000}$ скорости света. Длина волны света будет смещаться в том же соотношении, и определить столь малое смещение

окажется трудно, во времена же Доплера это было совершенно невозможно.

Вряд ли мы сможем наблюдать доплеровский эффект на Земле, несмотря на то что со звуком это удалось просто великолепно.

А если мы возьмем небесные тела? Они перемещаются много быстрее, чем созданные или еще только задуманные человеком объекты. Земля, к примеру, совершает поворот за 24 часа, что означает, что данная точка на экваторе перемещается (относительно центра Земли) со скоростью примерно 465 м/с — или в 14 раз быстрее экспресса. Луна вращается вокруг Земли со скоростью примерно в 1000 м/с. Земля вращается вокруг Солнца со скоростью примерно в 30 000 м/с, в то время как Меркурий при своем самом близком приближении к Солнцу достигает скорости в 57 000 м/с.

Разумно предположить, что скорости небесных тел относительно друг друга обычно составляют тысячи и десятки тысяч метров в секунду — и это внушает некоторую надежду. Земля движется относительно Солнца со скоростью, равной $^{1}/_{10000}$ скорости света. Не много, но намного больше, чем $^{1}/_{4000000}$.

Так что не будем напрягать голову, как нам использовать источник на паровозе, — вместо этого давайте возьмем свет, испускаемый небесными телами.

А этот свет является либо собственным (как у звезд), либо отраженным (как планеты). Он имеет широкий спектр частот, это делает вопрос о измерении небольшого смещения намного сложнее (с паровозом, для которого можно было создать прожектор с одной длиной волны, все было бы много проще).

Доплер считал, что сложность задачи можно преодолеть. Он предполагал, что звезды излуча-

ют только видимый свет, который имеет примерно равномерный спектр — от красного до фиолетового. Если бы звезда удалялась от нас, считал он, все волны увеличивали бы свою длину волн, приближаясь к красному краю спектра, в то время как фиолетовый край стал бы пустым. В результате общий цвет звезд стал бы более красным. Чем больше скорость удаления, тем большим было бы смещение в красную часть, и тем более звезда приобретала бы красный цвет. С другой стороны, если звезда приблизится к нам, спектр сместился бы в другом направлении и звезда приобрела бы синеватый оттенок.

Доплера в его убеждениях подкреплял тот факт, что и в самом деле существовали звезды, которые казались краснее остальных (к примеру, Антарес и Бетельгейзе), а также звезды, которые были более синими, чем остальные (к примеру, Ригель и Вега). Доплер подозревал, что Антарес и Бетельгейзе уходят от нас на больших скоростях, а Ригель и Вега приближаются к нам — и именно перемещение вызывает изменение в их цвете.

К сожалению, Доплер начал с неверного допущения (но пусть в него первым бросит камень тот, кто ни разу не ошибался). Звезды излучают не только видимый цвет в диапазоне от фиолетового до красного. Они также испускают инфракрасные лучи, длина волн которых больше длин волн видимой части спектра, и ультрафиолетовые, длина которых меньше длин видимой части. Это стало известно в 1801 году.

Когда звезда удаляется от нас, тогда смещение света в красную сторону происходит без того, что спектральные линии остаются только с «красной стороны». Там очень длинным волнам красного цвета, что превращаются в инфракрасные волны,

на смену приходят не столь длинные волны. С другой стороны, очень короткие волны фиолетового цвета, изменяя свое положение в спектре по направлению к красному концу, не оставляют пустого места. На их место приходят волны из ультрафиолетовой области. Аналогичная замена происходит, когда звезда приближается.

Другими словами, инфракрасная и ультрафиолетовая области являются как бы дополнениями, за счет которых видимый спектр заметно не меняется при приближении или удалении звезды. Общий цвет не изменяется. Цвет же звезды объясняется ее температурой. Более горячая, чем Солнце, звезда выглядит синее (это относится к Ригелю и Веге), в то время как звезды более холодные, чем Солнце, имеют более красный цвет (как в случае с Антаресом и Бетельгейзе).

(Теперь вы видите, что автор книги, о котором я упоминал в начале главы, напрасно вспоминал о Доплере: этот вопрос уже решен столетие назад. Какой смысл читать эту книгу дальше?)

В 1848 году французский физик Арман Ипполит Физо обнаружил ошибку в теории Доплера. Он объяснил, что изменение цвета со скоростью не связано. Необходимо выбрать конкретную частоту и каким-то образом ее пометить. Тогда можно было бы наблюдать сдвиг этой длины волны.

Но как пометить конкретную длину волны? Есть такая возможность, и Физо ее нашел.

В 1814 году немецкий оптик Йозеф Фраунгофер обнаружил, что спектр Солнца покрыт сотнями темных линий, каждая из которых имела свое постоянное положение.

Каждая такая линия говорила о конкретной длине волны, которой не было в солнечном свете, когда он доходил до поверхности Земли, — а если так, то эти линии должны сдвигаться при

движении звезды, и этот сдвиг легко определить в спектре любой звезды, кроме Солнца. (Темные линии на Солнце не смещаются ввиду того, что Земля не удаляется от Солнца и не приближается к нему. Земля движется по круговой орбите, что не выявляет смещения. Таким образом, линии солнечного спектра могут быть взяты за основу, с которой можно сравнивать другие спектры. Поскольку Земля движется не точно по круговой орбите, она немного приближается к Солнцу на протяжении полугода, а затем оставшиеся полгода удаляется от него. Скорость приближения и удаления — около 3 м/с в среднем — достаточно мала, чтобы ее не принимать во внимание. — *Примеч. авт.*)

В результате предложения Физо смещение длины волны при приближении или удалении источника света было названо эффектом Доплера — Физо.

Конечно, гипотеза Физо оставалась всего лишь гипотезой, пока не было найдено средство увидеть и измерить эффект Доплера — Физо. Это оказалось непросто. В 1848 году было трудно получить видимый спектр света звезд, чтобы изучить в нем темные линии. Только когда астрономы смогли выполнить эту задачу, обнаружилось, что спектр каждой звезды очень сильно отличается от спектров других звезд. Это означало, что сравнивать спектры звезд и определять скорости становится затруднительным.

Но в 1859 году немецкий физик Густав Роберт Кирхгоф показал, что свет, производимый нагретым элементом, испускается только в определенном диапазоне длин волн. Свет, проходя через пары какого-либо определенного элемента, частично поглощается, причем некоторые определен-

ные длины волн не проходят совсем. Каждый элемент излучает и поглощает одни и те же длины волн. Ни у одного элемента нет совпадения в длинах волн поглощения и испускания. Каждый элемент, таким образом, имеет «отпечаток пальцев» в виде своего спектра.

Кажется весьма вероятным, что свет, производимый солнечной поверхностью, проходя через несколько более холодную атмосферу Солнца, теряет определенные длины волн благодаря поглощению в атмосфере. Темные линии в солнечном спектре, таким образом, указывают на химический состав солнечной атмосферы.

Общий спектр может меняться от одной звезды к другой с изменением температуры и химических условий, но индивидуальные спектральные линии останутся постоянными. Линия водорода останется линией водорода, а линия железа останется линией железа.

Астрономы принялись внимательно изучать спектральные линии после 1868 года, когда английский астроном Уильям Хаггинс при наблюдении спектра Сириуса обнаружил легкое смещение в красную сторону линии водорода (при сравнении с аналогичной линией солнечного спектра). Он сделал заключение, что Сириус удаляется от нас на скорости 40 000 м/с. Эта цифра позднее была изменена более точными измерениями, но для первого раза это оказалось весьма неплохо.

Такое смещение, немного в красную сторону или немного в синюю, было замечено и у других звезд. Астрономы были очень довольны. Тем не менее существовала некоторая неопределенность в логике; точная наука этой неопределенности не должна допускать.

Подумайте сами! Физо решил, что, если источник света удаляется, спектральные линии долж-

ны сдвинуться в красную сторону. Но ни он, ни кто другой не наблюдали этого явления относительно звезды, которая, как было бы наверняка известно, удалялась.

Хаггинс, с другой стороны, наблюдал смещение в красную сторону спектра Сириуса и решил, что эта звезда должна удаляться. Второе «должна» целиком основывается на первом «должны», и если первое неверно, второе теряет смысл.

Но твердые научные правила, если мы стремимся им точно следовать, требуют, чтобы мы нашли какой-нибудь источник света, о котором твердо знаем, что он движется от нас, — и это знание должно основываться не на красном смещении. Если этот источник обнаружит смещение в красную сторону, тогда все будет в порядке.

Помня все это, давайте обратимся к Солнцу. Я говорил ранее, что оно ни удаляется от нас, ни приближается к нам — оно лишь вращается вокруг своей оси. Из наблюдения движения солнечных пятен видно, что Солнце делает полный поворот за 25 дней и 1 час (на экваторе). Этот факт основывается на прямых наблюдениях и ни у кого не вызывает сомнений. Окружность Солнца составляет 4 400 000 000 метров, так что любая точка на экваторе должна преодолеть это расстояние за 25 дней и 1 час — и, таким образом, двигаться со скоростью 2000 м/с.

Это означает, что на одном конце солнечного диска поверхность экватора приближается к нам со скоростью 2000 м/с, в то время как другой конец ее движется от нас со скоростью 2000 м/с.

С 1887-го по 1889 год шведский астроном Нилс Кристофер Дунер изучил спектр света, идущего от одного, а затем от другого краев солнечного диска. Он в самом деле нашел в первом случае смещение в синюю сторону и красное сме-

щение в другом. Более того, смещение было точно таким, какое можно было бы ожидать из скорости относительно наблюдателя на Земле. Эта скорость была определена достаточно верным методом.

Данный опыт подтвердил «смещение Доплера—Физо», и целое поколение астрономов было вполне с этим согласно, поскольку все выглядело логично и наблюдения не выявляли каких-либо противоречий.

Но знаете, все же кое-какие сомнения оставались. Даже если удаление действительно вызывает красное смещение, мы должны задать вопрос: а нет ли какой-либо еще причины, которая бы вызвала смещение в красную сторону? Может быть такое, что у красного смещения есть еще какая-либо причина?

Игра в науку никогда не давала постоянного иммунитета тем, кто нарушает правила, и в 1910 году вопрос о смещении в красную сторону снова был поднят.

Я приступлю к этому в следующей главе.

Глава 10
ДАЛЕКОЕ РАССТОЯНИЕ

Увы, меня всегда считали немного наивным, и подобное мнение обо мне особенно часто складывалось, когда я был молод.

К примеру, когда мне было девятнадцать, меня пригласили в семью, которая проживала в соседнем штате. Мне объяснили, на какой станции нужно сойти, но мне не пришло в голову спросить дальнейшую дорогу — от станции до самого дома. Мне не пришло в голову взять на станции такси. Мне также не пришло в голову позвонить моему

предстоящему хозяину и попросить его за мной явиться.

Единственное, что я сделал, — это спросил на станции человека, который покупал билеты, как мне пройти на нужную улицу. Он объяснил мне дорогу. Я неуверенно спросил его: «А как долго мне нужно идти?»

Он бесцеремонно ответил: «Долго!»

Я вздохнул, взглянул в ту сторону, куда мне предстояло идти, и пошел. Я прошел несколько миль, прежде чем сообразил спросить кого-нибудь из прохожих о дальнейшей дороге, поскольку мне казалось, что я нахожусь уже недалеко от нужного дома.

Вы, наверное, догадались, что я давно прошел этот дом и вынужден был возвратиться обратно. Когда человек, бравший билеты на станции, сказал, что мне идти далеко, я не задал ему самого элементарного вопроса: «А как далеко это «далеко»?»

«Как далеко это «далеко»?» — это был вопрос, который задавали себе астрономы в начале XIX века. Они знали, что звезды находятся далеко, немыслимо далеко, но не знали насколько.

На этот вопрос начали отвечать в 1830-х, когда было обнаружено, что ближайшая звезда находится на расстоянии 4,3 светового года (один световой год равен 5,8 триллиона миль). В конце концов (примерно столетием позже) стало известно, что наша Галактика, состоящая более чем из ста миллиардов звезд, представляет собой протяженную плоскую спираль примерно в 100 000 световых лет в поперечнике.

Это расстояние может вызвать восхищение, но для астрономов оно сродни зубной боли. Чем

дальше расположена звезда, тем слабее она, тем меньше ее параллакс, тем хуже видно ее собственное движение.

Это означает, что, если какая-нибудь звезда уходит на большее расстояние, труднее определить расстояние до нее. Метод измерения параллакса (самый первый способ и самый достоверный), к примеру, дает удовлетворительные результаты только на расстояниях до 100 световых лет, то есть в пределах, близких к границам нашей Солнечной системы.

Таким образом, к началу XX века перспектива исследования Вселенной за пределами нашей Галактики — к примеру, измеряя расстояние — казалась практически невозможной.

К тому же многие считали, что за пределами нашей Галактики ничего и нет. Единственное, что было видно, — это некоторые расплывчатые образования в небе, называемые туманностями. Некоторые из этих туманностей определенно находились внутри нашей Галактики, но другие, возможно, были за ее пределами. Эти подозрительные туманности вызывали особый, все возрастающий интерес в начале XX века.

Самые большие надежды при изучении столь дальних объектов возлагались на астрономические приборы, которые могли определять характеристики независимо от расстояния. Основным явлением, которое можно было использовать, был сдвиг спектральных линий, вызванный радиальной скоростью (то есть скоростью движения от нас или к нам. — *Примеч. пер.*) некоторых астрономических объектов при их движении к нам (при этом происходил сдвиг к сине-фиолетовой части спектра) и при движении от нас (при этом происходил сдвиг к оранжево-красной части).

Чем дальше находилась звезда, тем труднее ее было разглядеть и тем труднее было наблюдать ее спектр по ее свету. Приходилось применять все больше ухищрений для распознания и измерения положения спектральных линий; еще более трудным было определить смещение. К тому же очень трудно определить радиальную скорость на больших расстояниях. Тем не менее, если спектр можно получить вообще, тогда радиальную скорость можно измерить с достаточной точностью независимо от расстояния. Очень далекий объект, у которого мы можем получить фотографируемый спектр с распознаваемыми линиями, способен двигаться к нам или от нас — и это движение определить не сложнее, чем у близкого объекта.

Во второй половине XIX столетия радиальные скорости были измерены для многих звезд (ныне известны радиальные скорости тысяч звезд). Величины этих радиальных скоростей звезд находятся в довольно узком диапазоне. Для некоторых звезд радиальная скорость практически равняется нулю (в конце концов, некоторые звезды могут двигаться параллельно нашему собственному курсу или могут пересекать линию нашего движения под прямыми углами, так что в данный момент они не приближаются и не удаляются). С другой стороны, некоторые звезды имеют радиальную скорость, равную 400—500 км/с относительно Солнца. Но такие величины редки. Большинство звезд имеют скорость в диапазоне 10—40 км/с — и, похоже, из них столько же удаляется, сколько приближается.

На основе радиальных скоростей можно сделать некоторые заключения относительно собственного движения (то есть движения перпендикулярно линии зрения). Такое собственное движение может быть измерено непосредственно для ближайших

звезд — и радиальное движение данной звезды не обязательно имеет отношение к собственному движению этой звезды. Однако среди большого числа звезд существуют статистические соотношения, и это может быть использовано, чтобы получить представление об истинном движении, в трех измерениях, относительно Земли.

Когда это было сделано, полученная картина Галактики на первый взгляд представляла собой нечто вроде осиного гнезда, движущегося наугад во всех направлениях. Более внимательное изучение показало, что можно найти в движении звезд некоторую закономерность. В 1904 году голландский астроном Якобус Корнелис Каптейн доказал, что звезды движутся двумя потоками и движение одного потока противоположно движению другого.

Позднее, в 1925 году, другой голландский астроном, Ян Хендрик Оорт, объяснил эти потоки как результат вращения Галактики. В целом чем дальше астрономический объект находится от гравитационного центра, относительно которого он вращается, тем медленнее его орбитальное вращение. В нашей Солнечной системе чем дальше планета отстоит от Солнца, тем медленнее она движется по своей орбите. В нашей Галактике чем отдаленнее звезда от своего галактического центра, тем медленнее она вращается на своей орбите вокруг центра.

Звезды, более отдаленные от центра Галактики, чем Солнце, будут двигаться медленнее, чем оно. Мы опережаем их, и они медленно отстают от нас. Звезды, более близкие к центру Галактики, чем Солнце, движутся быстрее и нас опережают. Таким образом, получается два потока в противоположных направлениях.

Радиальные скорости, таким образом, оказываются исключительно мощным средством, поскольз-

ку они дают нам картину большого медленного вращения огромной Галактики вокруг своей оси — картину, которую мы вряд ли получили бы с такой определенностью любым другим путем.

Но это было только начало.

Следующий этап в насыщенной перипетиями истории определения радиальных скоростей начался в 1912 году, когда американский астроном Весто Мелвин Слайфер измерил радиальную скорость туманности Андромеды. Эту туманность некоторые астрономы считали находящейся за пределами нашей Галактики. Из тех туманностей, которые можно было видеть невооруженным глазом, это была единственная, относительно которой существовало такое предположение. Таким образом, она казалась самым дальним объектом, который человеческий глаз способен видеть без приборов.

Хотя туманность и находилась далеко, Слайфер тем не менее смог получить из ее света спектр. Ему удалось определить, с каким спектром он имеет дело, и из этого вывести, насколько данный спектр сдвинулся относительно нормального положения. По полученной радиальной скорости он мог сказать, находится ли туманность внутри нашей Галактики или за ее пределами.

Смещение оказалось в сторону синего цвета, и Слайфер сделал заключение, что туманность Андромеды приближается к Земле со скоростью 200 км/с. Эта цифра была в пределах радиальных скоростей, часто наблюдаемых у астрономических объектов. Она заняла свое место в астрономических справочниках, но ничего сенсационного из этого не следовало.

Успех привел Слайфера к мысли попытаться измерить скорость другой туманности, которая по-

хожа на созвездие Андромеды, но светится не столь ярко и, по всей вероятности, находится на большем расстоянии. К 1917 году ему удалось измерить радиальные скорости пятнадцати из них.

Полученные результаты вызвали у него недоумение. Когда ученые не видят причин к обратному, они ожидают встретиться со случайным распределением. При измерении радиальных скоростей туманностей следовало бы ожидать, что примерно половина этих туманностей будет удаляться, а половина приближаться.

Оказалось, что это не так. Из пятнадцати созвездий, чьи радиальные скорости были измерены Слайфером, только две (Андромеда и еще одна) приближались. Другие тринадцать удалялись от Солнца.

Более того, это удаление оказалось неожиданно велико. Тринадцать туманностей улетали со скоростью в среднем 640 км/с, а это значение намного превосходило максимальную величину радиальной скорости для любой наблюдаемой звезды.

Если туманности являются частью нашей Галактики, то эти данные были непонятны. С чего это одной группе объектов в Галактике удаляться от нас почти с одинаковыми огромными скоростями, тогда как другие объекты так себя не ведут?

Это необъяснимое поведение стало еще одним фактом, говорящим о необычной природе туманностей.

К счастью, вопрос о том, являются ли туманности галактиками или же это просто какие-то странности во Вселенной, стоял не долго. В том же 1917 году, когда Слайфер обнаружил непонятное явление, другой американский астроном, Эдвин Поуэлл Хаббл, начал использовать новый телескоп в 100 дюймов радиусом в Маунт-Виль-

соне в штате Калифорния. Этот телескоп оказался достаточно мощным для того, чтобы разглядеть расплывчатую до сих пор туманность Андромеды. Оказалось, что туманность представляет собой скопление очень слабых звезд — слабых ввиду большого расстояния до них.

Это было последнее требуемое свидетельство, необходимое для того, чтобы с уверенностью утверждать, что и туманность Андромеды, и аналогичные объекты являются скоплениями звезд за пределами нашей Галактики и сами в полной мере являются галактиками. С этого времени можно было уверенно говорить о «галактике Андромеда», а не о «туманности Андромеда», и определиться, что окружающий нас набор звезд является галактикой Млечного Пути. (Если вам это интересно, в настоящее время полагают, что галактика Андромеда находится от нас примерно в 2,2 миллиона световых лет и является самым далеким объектом, который можно видеть невооруженным глазом. — *Примеч. авт.*)

Это прояснило дело. Стало понятно, что объекты за пределами нашей Галактики могут вести себя иначе, чем объекты нашей Галактики. Нет ничего удивительного, что эти галактики движутся быстрее относительно друг друга, чем звезды внутри данной галактики, — как не удивительно, к примеру, что автомобили внутри города и на автострадах движутся с разными скоростями.

Но все же число галактик, которые удалялись, казалось неоправданно большим — тринадцать из пятнадцати.

Но возможно, просто так совпало, что Слайферу попадались только удаляющиеся галактики. Если изучить большее число галактик, то распределение удаляющихся и приближающихся галактик могло быть и равным.

Американский астроном Мильтон Ла Салле Хамасон взялся за решение этой задачи. Это было непросто. Естественно, Слайфер изучил самые яркие галактики, чей спектр можно было получить без труда. Хамасон вынужден был перейти к менее ярким. Ему порой приходилось ждать несколько дней, чтобы получить спектр едва различимых тусклых пятнышек туманностей отдаленных галактик. Трудности были значительными, но ему удалось справиться со всеми проблемами.

Однако, к изумлению Хамасона, все спектры, что он получил, имели красное смещение! Было похоже на то, что все галактики (кроме двух самых близких) удалялись. Дело усложняло то, что смещение в красную сторону было очень большим, представляя скорости не в сотни, а в тысячи километров в секунду. В 1928 году Хамасон измерил смещение в красную сторону галактики, имевшей название NGC 7619, и обнаружил по нему, что галактика удаляется со скоростью 3800 км/с.

Еще загадочней оказалось то, что, чем более далекой была галактика (и, таким образом, дальше от нас), тем быстрее она удалялась.

Это астрономам было трудно понять. Почему скорость движения галактик зависит от их расстояния до нас? Почему именно мы влияем на движение галактик? Что в нашей Галактике такого, что отталкивает другие галактики, и становится ли эта сила отталкивания больше с расстоянием? На протяжении долгого времени ученые задавали себе этот вопрос — в том числе и Альберт Эйнштейн, — но ими не было найдено никакой силы, притяжения или отталкивания, которая бы увеличивалась с расстоянием, и потому этот вопрос остался без ответа.

Астрономам пришлось более детально рассмотреть вопрос о красном смещении. В конце концов,

наблюдается лишь красное смещение; то же, что галактики разбегаются, — это лишь вывод красного смещения, а этот вывод может оказаться неверным. С середины XIX столетия астрономы считали само собой разумеющимся, что смещение в красную сторону означает удаление источника света, но, может, наблюдаемое явление имеет и другое объяснение?

В конце концов, свет проходит очень большие расстояния, чтобы дойти до нас из других галактик. Эти расстояния могут быть больше, чем расстояния в нашей собственной Галактике. Возможно, что-то происходит со светом на очень больших расстояниях, и это «что-то» приводит к смещению в красную сторону, если даже источник света (в данном случае галактика) относительно нас неподвижен или почти неподвижен. Возможно, смещение в красную сторону может говорить о скоростях удаления звезд только в нашей Галактике, — относительно же других галактик вмешивается какое-то другое явление.

К примеру, может быть такое, что газ и космическая пыль, которые свет встречает на своем пути за миллионы световых лет, постепенно поглощает часть этого света на своем пути к нам? Возможно, поглощаются в первую очередь короткие волны, что лишает спектр составляющих в сине-фиолетовой части, и потому спектр кажется более красным, чем ему следует быть.

Любители в науке, размышляя над смещением в красную сторону в спектре галактик, иногда приходят к этой мысли (как и автор книги, которую я упомянул в начале предыдущей главы), однако эта идея говорит о полном непонимании явления. Свет отдаленных галактик действительно должен получить преобладание красного, но только за счет небольшой потери интенсивности в сине-фиолетовой части спектра; никакого смеще-

ния длин волн наблюдаться не должно. Другими словами, этот эффект приведет к общему «покраснению», но не к смещению спектральных линий в красную сторону.

Хорошо, тогда предположим, что свет, когда он проходит большое расстояние, постепенно теряет свою энергию, но со столь малой скоростью, что она становится заметной лишь на расстояниях между галактиками. Длина волны зависит от энергетического содержимого света, а это значит, что, когда свет проходит миллионы световых лет, его длина волны постепенно уменьшается. Каждая спектральная составляющая сдвигается к красному краю спектра. Естественно, чем дальше галактика, тем больше энергии ее свет теряет и тем больше смещение в красную сторону. Это было бы прекрасное объяснение, которое позволило бы внести ясность в вопрос, не давая нашей Галактике какого-то особого места среди других. Все бы зависело лишь от расстояния.

Однако объяснение через «усталый свет» (как его стали называть) имеет свои трудности. Если не нарушать закона сохранения энергии, который ученые защищают особенно рьяно, можно предположить, что, когда свет постепенно теряет свою энергию, ее приобретает что-то другое. Но до сих пор астрономам не удалось обнаружить, каким способом энергия света может, проходя между галактиками, измениться таким образом, чтобы получилось наблюдаемое красное смещение. Нужного получателя энергии нет. (К примеру, стоящие на пути света молекулы будут поглощать протон из падающего на них света, но не обязательно «переизлучат» протон с меньшей энергией в том же самом направлении, в котором двигался протон поначалу. Газ и пыль будут поглощаться или рассеивать свет, но не будут делать чего-либо еще,

а это «что-либо еще» обязательно требуется для того, чтобы мы наблюдали свет.)

Кроме того, потери энергии светом были бы заметны не только в виде смещения в красную сторону в свете галактик — их можно было бы найти при наблюдениях внутри нашей Галактики, а этого нет.

Таким образом, гипотеза «усталого света» оказалась несостоятельной как в теории, так и в наблюдениях, и ее пришлось (с неохотой) отбросить — по крайней мере до появления новых фактов.

Но произошло следующее. В 1916 году Эйнштейн выдвинул общую теорию относительности, в которой было положение, что свет, движущийся против гравитационного поля, теряет энергию (что не противоречит закону сохранения энергии). Свет, идущий от любой звезды, движется против поля тяготения, так что он покажет гравитационное смещение в красную сторону.

Тогда может быть такое, что красное смещение галактик является по происхождению гравитационным?

Ответ дать было трудно, поскольку при обыкновенных обстоятельствах это смещение столь мало, что его не замечали. Чтобы смещение можно было различить, требовалось не только очень большое гравитационное поле — оно должно было иметь большую плотность. А поле достаточно большой плотности могло иметь только большое количество материи, заключенной в малый объем, к примеру белые карлики.

Тогда предположим, что смещение в красную сторону света отдаленных галактик имеет гравитационное происхождение и говорит об их невероятной плотности. Но даже если сделать такое предположение, то возникает новый вопрос: если

объяснять красное смещение увеличением плотности галактик по мере их удаления от нас, то почему именно Земля является центром, от которого происходит увеличение плотности галактик?

Приходится снова вернуться к скорости удаления галактик как к единственному разумному объяснению красного смещения и странной связи между скоростью и расстоянием от нас.

Хаббл справился с этой задачей. Он перебрал все возможные методы определения относительных расстояний до галактик. Среди самых ближайших довольно просто различить группу пульсирующих звезд под названием цефеиды. Из их скорости пульсаций и видимой яркости можно определить относительные расстояния до них (и, таким образом, относительные расстояния до содержащих их галактик).

В более отдаленных галактиках таких звезд, как цефеиды, нет — зато есть несколько исключительно ярких звезд. Предположим, что существует какой-то предел свечения и что самая яркая звезда в каждой галактике находится на этом пределе. Предположим также, что все галактики в целом имеют примерно равное свечение. В этом случае можно определить относительные расстояния до содержащих эти звезды галактик.

Наконец, где галактики слишком далеки, чтобы были заметны отдельные звезды, можно предположить, что из их общей яркости также можно определить относительные расстояния до них.

Так были определены относительные расстояния, и как оказалось, скорость удаления имеет прямое отношение к расстоянию между нами и галактиками, как это было определено в свое время по красному смещению. Об этой зависимости

Хаббл объявил в 1929 году. Она получила название закон Хаббла. Если галактика А в x раз дальше от нас, чем галактика В, то галактика А удаляется от нас в x раз быстрее, чем галактика В.

Неожиданно астрономы получили очень мощное средство (если, конечно, закон Хаббла правилен) для измерения расстояний до самых дальних видимых объектов. Как только расстояния до ближайших галактик можно было измерить каким-нибудь методом (любым, за исключением метода красного смещения), тогда сразу становились известными и расстояния до более удаленных галактик в этом направлении.

В 1950-х годах с помощью 200-дюймового телескопа были определены галактики, которые размещались на удалении в 1,5 миллиарда световых лет. В 1960-х были открыты квазары, которые располагались от нас на удалении 8—9 миллиардов световых лет, в то время как край наблюдаемой Вселенной, как было вычислено, располагается на расстоянии в 12,5 миллиарда световых лет.

Но мы все еще не нашли ответа, какая связь существует между расстоянием и скоростью удаления.

Этот ответ пришел из общей теории относительности Эйнштейна. Для нее Эйнштейн выработал набор «уравнений поля», которые описывают общие свойства Вселенной (это стало началом современной космологии). Эйнштейн решил уравнения поля для статичной Вселенной тем, что сделал постоянной общую плотность материи.

Однако в 1917 году голландский астроном Виллем де Ситтер отметил, что возможно и другое решение, при котором общая плотность мате-

рии Вселенной постоянно уменьшается со временем.

Чтобы понять такое постоянное уменьшение общей плотности, нужно предположить, что Вселенная состоит из частиц постоянной плотности, которые всегда движутся друг от друга с постоянной скоростью. Тогда Вселенная будет состоять из неизменных частиц и все увеличивающегося пространства, из-за чего общая плотность будет уменьшаться.

Де Ситтер исследовал такую возможность как чисто теоретическую, но, когда Хаббл создал свой закон, довольно скоро стало ясно, что этот закон совпадает с предположением де Ситтера.

Во Вселенной отдельные галактики могут рассматриваться как ее части. Галактики сохраняют свою форму благодаря взаимному притяжению составляющих их звезд, так что общая плотность в пределах галактики со временем не изменяется. Многие галактики, находящиеся относительно близко друг к другу, могут притягиваться гравитационными силами, так что общая плотность внутри некоторого набора галактик будет оставаться неизменной. Когда речь пойдет о галактиках в последующих главах, имейте в виду, что я буду касаться изолированных галактик или гравитационно связанных наборов галактик.

Если галактики постоянно движутся в разные стороны, общая плотность материи во Вселенной постоянно уменьшается. Тогда Вселенную следует назвать «расширяющейся Вселенной».

В постоянно расширяющейся Вселенной наблюдатель одной из галактик будет видеть все другие галактики удаляющимися. Следовательно, легко доказать (хотя я и не буду этого здесь делать), что в такой Вселенной закон Хаббла должен соблюдаться. Чем дальше наблюдаемая галактика от на-

блюдающей, тем быстрее становится скорость удаления наблюдаемой галактики от той, где находится наблюдатель.

Это исключает явный парадокс в законе Хаббла. Теперь больше нет ничего магического в нас, нет странной особенности нашей Галактики, по которой скорость «разбегания» всех галактик зависит от их расстояния именно до нашей Галактики. То, что мы можем наблюдать с Земли, мы способны также видеть из любой другой галактики во Вселенной. (Приближение к нам галактики Андромеда не является нарушением принципа расширяющейся Вселенной. Галактика Андромеда — часть группы галактик, в которую входит и наша Галактика Млечный Путь. Эти две галактики вместе с примерно двумя дюжинами галактик гравитационно связаны и движутся относительно друг друга независимо при общем расширении Вселенной. — *Примеч. авт.*)

Теперь кажется просто удивительным, что вся эта логическая цепочка началась с австрийского физика, слушавшего определенные звуки трубы, когда трубач двигался мимо него на вагоне-платформе (см. главу 9). Начавшееся тогда исследование завершилось менее чем через столетие появлением величественной картины Вселенной, раскинувшейся на протяжении миллиардов световых лет, Вселенной в ее постоянном и колоссальном расширении.

Это именно тот вид перехода от совершенно прозаических вещей к сложным теориям, который возможен только в том случае, если «играть» в науку корректно.

Часть третья

ХИМИЯ

Глава 11
УМНОЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ

Когда, учась в школе, я обнаруживал на уроке, что предмет изучения или учитель скучен (или скучны оба), естественно, мое внимание начинало блуждать по кабинету. Если все скучно и нечем заняться, малейшее, что может вызвать хоть какой-то интерес, становится просто спасением.

В этом отношении химия была просто замечательной наукой, поскольку, в каком бы кабинете химии я ни сидел, всегда над доской висела большая таблица Периодической системы элементов. Ее можно было изучать, не боясь быть замеченным учителем, и она была достаточно сложной, чтобы посвятить ей целые часы.

Старомодная таблица конца 1930-х привлекала меня тем, что целую группу элементов в ней умудрялись сжать в один квадратик. В этом квадратике была звездочка, и все элементы выстраивались по порядку внизу таблицы. Элементы назывались редкоземельными.

Когда я еще знал о Периодической системе относительно мало, этот маленький квадратик заставлял меня много размышлять, успешно спасая

от скуки. Почему в обозначении элементов используется слово «редко»? Я часто думал об этом. Что это за «земельные»? Это тоже давало пищу для размышлений. Почему все эти элементы сгрудились так, что заняли один квадратик в таблице?

Позднее я нашел ответы на свои вопросы. И вы знаете мой характер: для меня нет ничего лучше, чем поделиться своими маленькими находками с читателями.

Древние греки (я очень люблю начинать главу со слов «древние греки» и часто это делаю) считали, что одним из самых важнейших «универсумов» (т. е. «элементов» по-латыни) является элемент «земля». Но под этим словом они подразумевали не почву, что у нас под ногами, а некую идеальную субстанцию, которую в разных пропорциях можно найти в различных составляющих земной коры.

Некоторые из этих составляющих весьма мало походили на «землю» в ее обычном понимании. К примеру, к ним относились металлы, обладающие блеском и поддающиеся ковке, в то время как компоненты земли не блестят и рассыпчаты. К этим составляющим относились также углерод и сера, у которых тоже не было блеска и которые тоже были рассыпчатыми, но они горели, в то время как на компоненты земли огонь не влияет.

Мы можем сказать, что основными свойствами земли является то, что они не имеют блеска, хрупки и не подвергаются воздействию огня. В первую очередь это песок, камни и глина.

Но мы не можем сказать, что это только песок, камни и глина, поскольку перечисленные свойства

относятся к большой группе минералов, которые отличаются друг от друга. Это не привычная земля под ногами, но все же элемент «земля».

Используя современную терминологию, давайте определим «землю» древних греков как стабильный оксид с высокой температурой плавления. Из наиболее распространенных элементов в первую четверку входят кремний, алюминий, известь и магнезия — в порядке убывания их количества в земной коре. Мы можем сказать, что к элементу «земля» древних греков относятся диоксид кремния (SiO_2), оксид алюминия (Al_2O_2), оксид кальция (CaO) и оксид магния (MgO). Если взять все из четырех наиболее распространенных элементов и их соединения, то обнаружится, что они составляют примерно две трети земной коры. Невозможно взять какой-либо объемистый кусок земли без того, чтобы в нем не оказалось значительного числа каждого из этих четырех элементов.

Еще в конце XVIII столетия химики подозревали, что земля в основном состоит из оксидов металлов, и через определенный срок действительно удалось получить эти металлы из земли в чистом виде (кремний был отделен быстрее всего).

Две другие очень распространенные субстанции, которые тоже удалось быстро выделить из их соединений, были сода и поташ. В современной терминологии это карбонат натрия (Na_2CO_3) и карбонат калия (K_2CO_3). Химически они отличаются от таких «земель», как оксиды, но химики того времени особого отличия не видели.

Химики определили, что натрий и калий свободно растворялись в воде, а это для земной почвы было нехарактерно. Кроме того, как обнаружилось, натрий и калий после растворения приобретали

некоторые свойства, такие, к примеру, как способность нейтрализовать кислоты.

Натрий и калий наиболее легко можно было получить путем нагревания в больших емкостях, от чего получалась зола (отсюда английское название карбоната калия поташ, «potash», из слов «pot» и «ash» — «горшок» и «зола»). Потому они были названы «alkalis», «щелочи», от арабского слова, означающего «зола» (арабы были великими алхимиками в начале Средних веков, и одно время арабские слова в химии очень ценились). Растворы натрия и калия были названы щелочными по их свойствам.

Так случилось, что из очень распространенных составляющих земли два компонента — известь и оксид магния — оказались несколько растворимыми в воде, причем их растворы показывали щелочные свойства. С тех пор их стали называть щелочноземельными — и называют так по сей день. Металлы, получаемые из извести и окиси магния (кальций и магний соответственно), а также аналогичные металлы, отделенные от сходных, но менее распространенных элементов земли (бериллий, стронций и барий), были названы щелочноземельными элементами.

Когда в последние годы XIX столетия был обнаружен удивительный элемент — радий, — оказалось, что он принадлежит к тому же семейству. Фактически по химическим свойствам он очень схож с барием. Радий тоже щелочноземельный металл.

(Не бойтесь, что дожди могут размыть почву потому, что два из важнейших земных элементов растворимы в воде. Известь и окись магния присутствуют в соединении с кремнием — как и силикат кальция, и силикат магнезии, — и в этой форме они практически нерастворимы.)

Теперь мы готовы к тому, чтобы перейти к следующей части истории.

В трех милях от Стокгольма, у деревушки, которая называлась Иттербю («внешняя деревня»), находился карьер.

Однажды в 1787 году офицер шведской армии, лейтенант Карл Аксель Аррениус (1757—1824), который увлекался минералогией, подобрал в карьере необычный черный камень. Аррениус не смог определить, из чего состоит этот камень, и справедливо рассудил, что это минерал, который учеными до сих пор не изучался. Он назвал минерал иттербит, использовав суффикс «-ит», обычно присваиваемый минералам.

Конечно, удивительный минерал привлек внимание, и в 1794 году финский химик (в то время Финляндия была частью шведского королевства) по имени Юхан Гадолин (1760—1852) химически разделил его. Оказалось, что минерал является комбинацией нескольких различных оксидов, в том числе оксида кремния.

Один из этих оксидов, который Гадолин отделил от остальных (и который, как оказалось, составлял две пятых всего минерала), поразил его своей необычностью. Оксид не был похож ни на одно прежде встречающееся вещество и вместе с тем имел все «земельные» свойства. Он не растворялся, не вел себя как металл и не подвергался воздействию тепла. Гадолин объявил, что он открыл новую «землю», и назвал ее «иттриевой землей». К этому времени было ясно, что «земли» — это оксиды, и потому новая «земля» должна быть оксидом какого-то нового металла. Этот металл смогли получить в чистом виде только через полвека, но это было уже дело второстепенное. Главное, что минерал уже был обнаружен и было известно, что новый металл обязательно находит-

ся в минерале. Потому ученый, открывший новую «землю», стал считаться первооткрывателем нового металла. При новом открытии обычно металлы получали название по своей «земле», с общепринятым окончанием иттрий. Эта иттриевая земля была оксидом иттрия, и Гадолина стали считать первооткрывателем иттрия.

В 1812 году шотландский химик Томас Томсон (1773—1852) посетил знаменитый карьер и изучил его минералы. В своем исследовании он все еще использовал термин «земля». Но если он называл новый минерал «землей», то естественно было ожидать, что этот элемент должен часто встречаться в земной коре. Обычно «земли» в химическом смысле этого слова в большом количестве присутствовали в земной коре, так что и новая «земля» должна была присутствовать в изобилии (я не несу ответственности за подобную логику — такие вопросы часто возникают, когда обыденные термины применяются в науке).

Томсон же имел перед собой «землю», иттриевую, которую можно было найти только в одном-двух местах — и нигде больше. И он написал по этому поводу: «Невозможно себе представить какую-то особенную землю, находящуюся в необычном месте и в очень малых количествах».

Иттрий, другими словами, был «редкой землей»; Томсон счел это сочетание абсурдным, но оно весьма помогло химикам определиться с новым классом элементов. Томсон привел еще два примера редкоземельных элементов — «глициновая земля» (оксид бериллия, BeO) и «циркониевая земля» (оксид циркония, ZrO_2). Однако по мере открытия новых элементов название «редкоземельные» стало применяться не ко всем землям, присутствие которых в земной коре незначительно, а лишь к иттриевой земле и родственным ей

элементам, поскольку, как оказалось, иттриевая земля имела родственников.

Гадолин прожил долгую и почтенную жизнь, работая профессором химии в университете Або, но необходимо признать, что открытие иттриевой земли было единственным его достижением. Но и этого оказалось достаточно. То, что Гадолин назвал иттриевой землей, было названо в его честь гадолинитом, — и от физика ожидали много и в будущем.

Как только Гадолин сделал свое открытие, естественно, другие химики тоже загорелись желанием принять участие в исследованиях. Шведские минералы начали тщательно изучаться. Одним из химиков, принявших участие в этой работе, был немец по имени Мартин Генрих Клапрот (1743—1817). Он уже прославился в качестве первооткрывателя элементов. В 1789 году он открыл циркониевую землю (эта «земля» была представлена Томсоном в качестве одной из явно парадоксальных редких земель, но в наши дни цирконий редкоземельным не называют) и уран. В 1798 году он открыл титан.

В 1803 году Гадолин откопал в Швеции тяжелый минерал, который ранее не был изучен и который не походил на гадолинит. Гадолин смог отделить новый минерал — и это была не иттриевая земля и не что-то уже известное. По всей вероятности, это было что-то совершенно новое, — и он назвал минерал «terre ochroite», «бледно-желтая земля», что — я думаю, вы согласитесь, — является совершенно неудачным названием.

Примерно в то же самое время самый великий из живших тогда шведских (и европейских) химиков, Йёнс Якоб Берцелиус (1779—1848), работая со шведским геологом Вильгельм Гизингером (1766—1852), получил в чистом виде эту же

землю. Клапрот был впереди буквально на шаг, так что ему и досталась слава первооткрывателя, но именно Берцелиус дал новой земле звучное имя, и в этом (что выглядит довольно странным) он следовал прецеденту, автором которого был Клапрот.

В Средние века алхимики называли различные металлы в честь планет. Когда Клапрот открыл в 1789 году новый элемент, он вспомнил, что всего за восемь лет до этого была обнаружена новая планета, впервые за историю человечества. Планета была названа Уран, и Клапроту показалось подходящим назвать новый элемент ураном в ее честь.

Когда Берцелиус и Гизингер получили свою землю в чистом виде, а это было в 1803 году, они помнили, что двумя годами раньше была открыта новая планета и ее назвали Церера. Тогда они назвали свою землю «цериевой землей». (За открытием Цереры последовало открытие ряда малых планет — астероидов — и церия, который вместе с иттрием был родоначальником целой серии сходных элементов. Подобное совпадение не встречается даже в фантастической литературе.)

Но прошло еще одно поколение, когда две родственных (поскольку они были очень схожи в химических свойствах) земли, иттриевая и цериевая, начали вызывать серьезное недоумение по крайней мере у одного из химиков. Обе земли были весьма схожи, и после их перемешивания разделить снова было трудно. Как можно быть уверенным, что одна из этих земель сама не является результатом смеси?

Химик, который задался таким вопросом, был Карл Густав Мосандер (1797—1858), ученик Берцелиуса. Он уже занимался редкоземельными элементами, когда пытался отделить металлическую

часть цериевой земли, используя пары калия для того, чтобы удалить кислород. Хоть и с трудом, ему удалось (работа с парами калия — это труд, который я никому бы не пожелал) получить не очень чистый экземпляр металла, церия. Он первым получил редкоземельный металл, но в чистом виде церий и сходные с ним металлы были получены только в XX веке. Пытаясь найти новые земли, химик обработал цериевую землю азотной кислотой и обнаружил то, что подозревал, — некоторые из компонентов растворялись быстрее остальных. Растворившуюся часть он отделил; обнаружилось, что это земля, но не цериевая земля, хотя и очень похожа на нее. Химик назвал новую землю лантановой, от греческого слова, обозначающего «спрятанный», поскольку этот элемент был «спрятан» в цериевой земле (это название предложил Берцелиус).

Но Мосандер на этом не остановился. Он продолжал работать с полученной лантановой землей для того, чтобы определить, нет ли у нее примесей. Это заняло два года упорного труда, поскольку методы тех дней были очень несовершенны, но в 1841 году Мосандер пришел к радостному заключению, что и в лантановой земле, которую он добыл из цериевой, есть еще одна земля, которая до сих пор оставалась скрытой. Эту новую землю он назвал «didymia», дидимиевая земля, от греческого слова, обозначающего «близнецы», поскольку он полагал, что новая земля — это почти неотделимый близнец лантановой земли.

Все это уже стало походить на шутку. Когда была найдена одна необычная земля, иттриевая, это было выдающимся открытием — этого вполне достаточно. Но когда новые земли стали появляться одна за другой, как кролики, это начало вселять тревогу. Теперь было уже четыре земли:

иттриевая, цериевая, лантановая и дидимиевая. Кто мог сказать, сколько еще их может быть?

Примерно в это время термин «редкоземельный» начал применяться уже только к этому «семейству».

Мосандер продолжил свою кропотливую работу. Он взял цериевую землю Клапрота и добыл из нее еще две новых земли. Было бы удивительно, если бы он не сделал того же с иттриевой землей Гадолина, которому было уже пятьдесят лет и который так и не смог правильно использовать свое открытие.

Мосандер принялся за изучение иттриевой земли. Очень осторожно он удалил из нее цериевую, дидимиевую и лантановую земли (а они были в исследовавшемся куске земли, поскольку любой образец с редкоземельными элементами, если его обрабатывать очень тщательно, похоже, может содержать частицы всего семейства).

Как только это было сделано, Мосандер должен был получить чистую иттриевую землю, но получилось ли у него это? Путем тщательной обработки с помощью азотной кислоты он в конце концов получил в 1843 году три разных земли с разной растворимостью в кислоте. Все три земли различались в окраске. Бесцветная фракция оказалась самой большой, и по этой причине за ней осталось первоначальное название — иттриевая земля. Желтую землю Мосандер назвал эрбиевой землей, а розоватую — тербиевой.

Все три названия — иттриевой, эрбиевой и тербиевой земель — произошли от названия карьера, где был найден первый образец — Иттербю. В каком-то смысле схожесть названий была правильной, поскольку она показывала тесную химическую связь трех земель и их общее происхождение.

С другой стороны, для одного карьера Иттербю оказалось чересчур много чести. Число элементов ограниченно, и их названия следовало бы использовать более бережно, чтобы кого-нибудь увековечить. (Конечно, для этой цели названия не использовались; многие из элементов получили свои названия по очень прозаическим причинам, и сейчас слишком поздно с этим что-то делать.)

Более того, названия «эрбиевая земля» и «тербиевая земля» звучат столь одинаково, что очень легко их спутать. Так и случилось — то, что Мосандер назвал эрбиевая зёмля, потом стало зваться тербиевая земля, и наоборот. Это не имело каких-либо последствий, но все же свидетельствовало о том, что названия надо подбирать более тщательно.

Таким было положение вещей, когда появилось новое поколение ученых. У них было уже шесть редких земель, и эти земли приводили тогдашних ученых в замешательство. В 1869 году Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907) создал Периодическую систему элементов, в которой они располагались в рациональном порядке, основанном на их химических свойствах. Полезность этой таблицы состояла в том, что стало возможным предсказывать существование некоторых элементов, которые еще не были открыты, и указывать их свойства с большой степенью вероятности. Все элементы должны были точно вписаться в таблицу — и два из уже известных в то время редкоземельных элементов, иттрий и лантан, вписались. Однако для четырех других места не нашлось, и со временем положение стало еще хуже: когда были обнаружены другие редкие элементы, только один из них вписался в таблицу достаточно удачно.

А 1878 году швейцарский химик Жан Шарль Галлисар де Мариньяк (1817—1894) получил эрбиевую землю (землю розового цвета, которую Мосандер поначалу назвал тербиевой землей). Дальнейшей обработкой он разделил ее на бесцветную землю и землю с более глубоким красным оттенком. Поскольку первоначальная эрбиевая земля имела цвет, он оставил это название за красной землей. Ту же землю, что была почти бесцветной, он назвал иттербиевой землей, также по названию прославленного карьера Иттербю. Таким образом, память об этом карьере сохранилась в названиях уже четырех земель, а следовательно, элементов.

На следующий год, в 1879-м, шведский химик Ларс Фредерик Нильсон (1840—1899) приступил к иттербию Мариньяка и выделил из него еще одну землю. К счастью, он не смог придумать, как заставить несчастный карьер Иттербю выдать еще одно название, так что решил дать обобщенное наименование скандиевая земля в честь Скандинавского полуострова в целом.

Эта земля прекрасно вписалась в таблицу Менделеева (если говорить о версии таблицы XIX века, то это была последняя земля, которой это удалось), причем особенно удачно. Когда Менделеев создал таблицу, он попытался предугадать свойства трех элементов, которые до того еще не были открыты. Один из этих элементов действительно был обнаружен в 1875 году и был назван галлий; он точно соответствовал предсказанию. Новая земля, скандиевая, содержала металлический элемент «скандий», который был вторым из предположенных Менделеевым элементов, и он тоже имел ожидаемые свойства.

Но если из иттербиевой земли Мариньяка можно было получить новую землю, не следовало ли

еще изучить и эрбиевую землю, из которой была получена иттербиевая земля? Можно ли было добыть из эрбиевой земли что-либо полезное?

Еще один шведский химик, Пьер Теодор Клеве (1840—1905), обнаружил, что можно. В 1879 году он завершил разделение эрбиевой земли. Для главной фракции он оставил название эрбиевой земли. Две меньших по объему фракции он назвал гольмиевая земля и тулиевая земля. Гольмиевая земля была названа в честь Стокгольма — города, в котором жил Клеве. Тулиевая земля была названа в честь Туле — в древности так называли легендарную землю на Дальнем Севере, которую некоторые ученые связывали со Скандинавией.

Открытия продолжились, когда за них взялся французский химик Поль Эмиль Лекок де Буабодран (1838—1912). Именно он открыл галлий при помощи новомодной спектроскопической техники. Оказалось, что каждый элемент дает свою собственную комбинацию спектральных линий при нагревании добела, и потому французский физик направил свой спектроскоп на редкоземельные элементы.

Теперь уже работы велись не наугад. Если два образца какой-то земли, полученные из различных минералов и при помощи различных техник, показывают разные спектры, тогда данный экземпляр не является чистым и в нем присутствует по крайней мере еще одна субстанция.

Французский физик обнаружил, что одна из найденных Мосандером земля, дидимиевая, при исследовании спектроскопом является подозрительной. Он начал ее разделять, проверяя спектр на каждом шаге. В 1879 году он отделил новую землю и назвал ее самариевой.

Кто-то подумает, что это название происходит от библейского города Самарии, но это не так.

Так случилось, что руда, с которой работал французский физик, называлась самарскит. Более того, самарскит был типом руды, впервые открытой в России и названной в честь полковника Самарского — малоизвестного шахтного чиновника. Самарий стал первым элементом, названным в честь человека, но так случилось, что название элемента прославило лицо, которое не имело каких-либо значительных заслуг.

В 1886 году французский физик добился нового успеха, получив из самариевой земли еще одну землю, идентичную той, которую Мариньяк получил ранее (с меньшей уверенностью) в 1880 году. Это подтвердило, что Мариньяк действительно был первооткрывателем новой земли. Но имя ей дал французский физик. С разрешения Мариньяка он назвал новую землю гадолиниевая в честь Юхана Гадолина, с которого все началось около столетия до того и который к тому моменту уже скончался. По крайней мере, земля получила название в честь заслуживающего это человека.

Из всего списка элементов, названных в честь людей, только самарий и гадолиний являются стабильными из общего числа в восемьдесят один. В названиях элементов прославлены другие, более великие люди, но такие имена, как Менделеев, Кюри, Эйнштейн и Ферми, присвоены короткоживущим радиоактивным элементам, открытым после Второй мировой войны (к слову, эти радиоактивные элементы имеют интересную связь с редкими землями, но это другая история для другой книги).

После этого менее чем за два года было найдено шесть новых редких земель, однако все еще не было метода, который позволил бы определить, сколько еще земель осталось открыть.

К примеру, дидимиевая земля, которая была источником для самариевой и гадолиниевой, все

еще выглядела подозрительно — даже после того, как эти две земли были выделены. Австрийский химик Карл Ауэр барон фон Вельсбах (1858—1929) принялся за исследования в 1885 году и обнаружил, что земля, которую поначалу назвали «близнецами», и в самом деле состоит из двух элементов. Он аккуратно разделил эти элементы.

В первый раз, однако, разделение не выявило преобладания какой-то одной фракции, за которой можно было бы оставить прежнее название. Дидимиевая земля совершенно исчезла из списка земель, и это была единственная редкая земля, которую постигла такая участь (она просуществовала в общем списке сорок лет). Две полученные фракции были названы празеодимовая земля, «praseodymia» («зеленые близнецы», поскольку у нее был зеленый оттенок), и неодимовая земля, «neodymia» («новые близнецы»).

В следующем, 1886 году Лекок де Буабодран, работая с гольмиевой землей Клеве, смог выделить еще одну новую землю, которую назвал диспрозиевая земля, по греческому слову, обозначающему «трудно получить это».

После этого дело замедлилось, но не прекратилось совсем. Новые земли открывали даже после начала XX века. В 1901 году французский химик Эжен Демарсе, столь же первоклассно владеющий спектрографом, как и Лекок, разделил самариевую землю путем серии замысловатых манипуляций и получил новую землю, которую назвал европиевой в честь всего континента.

Наконец, в 1907 году еще один французский химик, Жорж Урбен (1872—1938), сделал то же самое с иттербиевой землей и выделил еще одну редкую землю, для которой использовал довольно необычное название — лютециевая земля — по древнеримскому названию города, который по-

зднее стал именоваться Парижем (надо ли говорить, что химик родился в Париже).

Теперь давайте сделаем временную остановку и посмотрим на редкие земли, которые были известны к 1907 году. Я перечислю их в порядке открытия:

Редкая земля	Металл	Год открытия	Первооткрыватель
Иттриевая	иттрий	1794	Гадолин
Цериевая	церий	1803	Клапрот
Лантановая	лантан	1839	Мосандер
Дидимиевая	дидимий	1841	Мосандер
Эрбиевая	эрбий	1843	Мосандер
Тербиевая	тербий	1843	Мосандер
Иттербиевая	иттербий	1878	Мариньяк
Скандиевая	скандий	1879	Нильсон
Гольмиевая	гольмий	1879	Клеве
Тулиевая	тулий	1879	Клеве
Самариевая	самарий	1879	Лекок де Буабодран
Гадолиниевая	гадолиний	1880	Мариньяк
Празеодимовая	празеодим	1885	Вельсбах
Неодимовая	неодим	1885	Вельсбах
Диспрозиевая	диспрозий	1886	Лекок де Буабодран
Европиевая	европий	1901	Демарсе
Лютециевая	лютеций	1907	Урбен

Было открыто семнадцать редкоземельных элементов. Дидимий исчез из списка, так что осталось шестнадцать.

Шестнадцать элементов, которые формируют тесную семью очень схожих по своим химическим свойствам, невозможно было разделить до конца, используя методы XIX века! Химики не имели ни малейшего представления, сколько еще элементов

могло быть найдено, и потому находились в большом замешательстве.

Периодическая система Менделеева ничем в этом отношении не могла помочь. Три из редкоземельных элементов — скандий, иттрий и лантан — имели места, куда их можно было бы определить, для остальных места в системе не было.

Редкоземельные элементы ставили перед учеными и химической наукой в целом неразрешимую проблему. Если Периодическая система верна, то в ней должно существовать место для редкоземельных элементов, так как она была самым фундаментальным достижением химии в XIX веке.

К счастью, необходимое место было найдено, но об этом потом. Прежде, в следующей главе, давайте пристальнее поглядим на Периодическую систему.

Глава 12
ЗАПОЛНЯЯ ПРОБЕЛЫ

В 1969 году Хугтон Миффлин опубликовал мою сотую книгу. (Если возник вопрос какую, то название этой книги — «Опус 100». Это что-то вроде литературной автобиографии, с подборкой иллюстраций из ранних работ. — *Примеч. авт.*) «Бостон глоб» решил отметить это событие пространной статьей, следом за которой появилась еще одна статья в «Нью-Йорк таймс». Кроме того, в день публикации Хугтон Миффлин притащил меня на вечеринку с коктейлем.

От всего этого у любого закружилась бы голова, и, чтобы не забыть о скромности, которая была всегда моей добродетелью, я постоянно напоминал себе случай, произошедший с моей матерью.

В начале 1950-х годов мои родители наконец продали свой кондитерский магазин и ушли на пенсию. Естественно, отец не мог сидеть без дела, потому нанялся на работу с сокращенным рабочим днем, а мать стала учиться в вечерней школе.

Мать всегда тяжело переживала свое неумение писать по-английски. Она могла делать это по-русски и на идише, но ни на одном языке с латинским алфавитом. Умела читать по-английски, но не знала, как писать. И потому мать стала брать уроки письма и скоро добилась впечатляющих успехов. Прошло совсем немного времени, и она написала мне письмо ясным почерком.

Однажды вечером ее остановил в вестибюле один из учителей вечерней школы с ее факультета и задал вопрос, который мы дома называем «этим старым добрым вопросом»: «Извините, миссис Азимов, но вы, случайно, не родственница Айзека Азимова?»

Моя мать немедленно ответила: «Да, в самом деле. Айзек Азимов — мой сын».

Учитель воскликнул: «О! Тогда неудивительно, почему вы так хорошо пишете!»

На это моя мать, вспомнив поговорку: яблоко от яблони недалеко падает, выпрямилась во все свои сорок футов и холодно произнесла: «Прошу прощения, сэр. Неудивительно, почему он — хороший писатель».

Напомнив себе об этом, дабы призвать свою скромность, я перейду к своему предмету, который начнется с той точки, на которой окончилась предыдущая глава.

В середине XIX столетия было обнаружено примерно тридцать элементов, и это начало внушать химикам тревогу. Каждое десятилетие число эле-

ментов возрастало: три было открыто в 1770-х годах, пять — в 1780-х, пять — в 1790-х, четырнадцать — в 1800-х, четыре — в 1810-х, пять — в 1820-х и так далее.

Возникала мысль: когда же это кончится? Ученые ценят простоту, а то, что казалось им простым, становилось все сложнее и сложнее. Требовался какой-то новый порядок, в котором бы все снова стало простым. Для этого необходимо было найти некую закономерность в запутанном списке элементов, так чтобы можно было разбить элементы на отдельные «семейства». Это могло бы как-то «расчистить джунгли».

В самом деле, если бы элементы были правильно организованы, стало бы ясно, сколько элементов существует всего и сколько, таким образом, элементов осталось неоткрытыми. В середине XIX столетия, однако, это казалось невыполнимой задачей.

В то время было известно, что атомы разных элементов имеют свои атомные веса. Так, если вес атома водорода (самого легкого из известных, как тогда, так и сейчас) равен 1, атом углерода, который массивнее в 12 раз, соответственно, должен иметь атомный вес 12, атом кислорода — 16 и так далее.

Тогда для начала можно попытаться организовать элементы в порядке атомных весов, чтобы определить, будут ли у них схожими какие-нибудь семейства. Оказалось, что прямоугольная таблица может быть создана таким образом, чтобы схожие элементы распределялись столбцами или колонками (в зависимости от того, вертикально или горизонтально размещаются элементы). К сожалению, на самых первых таблицах объединялись друг с другом очень несхожие элементы, а в науке половинное решение — это не решение вообще.

Ясно, что главная проблема с организацией по атомным весам заключалась в том, что нельзя было определить, когда список завершится. Оказалось, что атомная масса углерода равна 12, азота — 14, а кислорода — 16. Как можно быть уверенным, что между ними не существует неоткрытых элементов с атомными массами 13 и 15? Кому нужна таблица, в которой зияют пустоты?

Конечно, можно возразить, что разница в 2 атомные массы очень мала, и вряд ли здесь есть промежуточный элемент, но уверенным в этом быть нельзя. Никель имеет атомную массу 58,7, а кобальт — 58,9. С такой разницей в атомной массе между углеродом и азотом могло бы уместиться девять элементов и еще девять между азотом и кислородом.

Это говорит о том, что полагаться только на атомные массы нельзя. Требуются еще какие-либо свойства, и лучше всего, если эти свойства будут представлены целыми числами, чтобы, переходя, скажем, от 1 к 2 и от 2 к 3, мы знали, что между ними ничего нет.

Первые результаты такого подхода появились в 1852 году. Английский химик Эдуард Франкланд заметил, что в химических формулах, которые были созданы к этому времени, один атом одного элемента, похоже, всегда связан с фиксированным числом атомов других элементов.

Таким образом, атом водорода никогда не связан более чем с определенным числом атомов другого вещества. Это можно назвать степенью комбинирования единицы (или валентностью, от латинского слова, обозначающего «степень»). Атом кислорода может комбинироваться с двумя атомами водорода, атом азота с тремя атомами, а атом углерода — с четырьмя, так что кислород, азот и углерод имеют валентности в 2, 3 и 4 соот-

ветственно. Эти валентности работают очень четко. Таким образом, атом углерода (валентность 4) может комбинироваться с двумя атомами кислорода (2 + 2) или с одним атомом кислорода и двумя атомами водорода (2 + 1 + 1).

Концепция валентности не только отличается простотой, ясностью и явной полезностью, но и вводит целые числа, поскольку валентностей 1,5 или 2,32 — или какой-либо в этом духе — не существует. (В действительности наука XX века дала новую концепцию, которая в самом деле ввела что-то вроде дробных валентностей, но это не влияет на систему доказательств в данной главе. — *Примеч. авт.*)

В 1869 году русский химик Дмитрий Иванович Менделеев попытался организовать элементы согласно молекулярной массе и валентности. Результатом стала система, очень упрощенную и неполную версию которой я привожу в таблице 1 с атомными весами, округленными до одной десятой после запятой.

В таблице 1 я даю химические элементы так, чтобы сэкономить место; это не повлияет на систему доказательств и ни в коей мере не запутает, даже если вы не знаете, каким символом какой элемент обозначен. Когда мне придется упомянуть определенный элемент, я дам его полное название, вместе с символом.

Строки в таблице 1 содержат тесно связанные семейства элементов. К примеру, верхняя строка содержит литий (Li), натрий (Na), калий (K), рубидий (Rb), цезий (Cs) и франций (Fr), которые имеют одинаковые свойства. Эти элементы медленно плавятся, исключительно активны и при определенных условиях реагируют примерно одинаково. Более того, там, где различия существуют, они проявляют себя постоянным

изменением вдоль строки. От лития к натрию, калию и так далее точка плавления вещества становится ниже, а активность его возрастает. Эти шесть элементов называют щелочными металлами.

Вторая строка содержит шесть щелочноземельных элементов, которые тоже имеют сходные свойства. И так далее на протяжении таблицы.

Заметим, что в периоде 5 теллур (Te) идет перед йодом (I), хотя теллур имеет большую атомную массу, а значит, должен находиться после йода, если бы классификация шла только по атомной массе.

Именно Менделееву принадлежит великая заслуга в том, что валентность (как и химические свойства в целом) стала учитываться в первую очередь по отношению к атомной массе. Для того чтобы поместить теллур и йод в надлежащее семейство с надлежащей валентностью, пришлось поменять порядок следования атомной массы. Более сложное знание атомной структуры, обретенное химиками в дальнейшем, доказало, что в этом отношении интуиция Менделеева оказалась абсолютно правильной.

Когда мы перемещаемся вниз по списку элементов согласно их молекулярной массе, периодически повторяется определенный набор свойств — по этой причине этот список, организованный так, что определенные наборы укладываются точно в строки или колонки, называются периодической таблицей.

В то время, когда Менделеев впервые выдвинул свою Периодическую систему, значительное число элементов, приведенных в таблице 1, еще не было открыто. Они указаны в таблице 1 звездочкой.

Валентность	Период 1	Период 2	Период 3	Период 4	Период 5	Период 6	Период 7
1		Li (6,9)	Na (23,0)	K (39,1)	Rb (85,5)	Cs 132,9)	Fr* (223)
2		Be (9,0)	Mg (24,3)	Ca (40,0) #	Sr (87,6) #	Ba (137,3) #	Ra* (226)
3		B (10,8)	Al (27,0)	Ga* (69,7)	In (114,8)	Tl (204,4)	
4		C (12,0)	Si (28,1)	Ge* (72,6)	Sn (118,7)	Pb (207,2)	
3		N (14,0)	P (31,0)	As (74,9)	Sb (12,8)	Bi (209,0)	
2		O (16,0)	S (32,0)	Se (79,0)	Te (127,6)	Po* (210)	
1	H (1,0)	F* (19,0)	Cl (35,5)	Br (79,9)	I (126,9)	At* (210)	
0	He* (4,0)	Ne* (20,2)	Ar* (39,9)	Kr* (83,8)	Xe* (131,3)	Rn* (222)	

К примеру, шесть элементов в строке внизу — гелий (He), неон (Ne), аргон (Ar), криптон (Kr), ксенон (Xe) и радон (Rn) — не были известны в 1869 году. Об их существовании совершенно не представляли, и без них Периодическая система, казалось, имела законченный вид. Если идти последовательно сверху вниз в порядке атомных весов элементов, то изменение валентности в таблице 1 происходит (если исключить нижний ряд) по следующему порядку: 1, 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1, 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1, 1, 2 и так далее.

Однако, когда были открыты элементы в нижней строке, оказалось, что они не вступают в соединения с любыми другими элементами и, следовательно, имеют нулевую валентность. Таким образом, последовательность валентностей изменилась на следующую: 1, 0, 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1, 0, 1, 2, 3, 4, 3, 2, 1, 0, 1, 2 и так далее.

Элементы нижней строки, имеющие схожие свойства и называемые инертными газами, или благородными газами, просто расширили таблицу, но не нарушили ее порядок. Наоборот, введение 0 в надлежащем месте сделало таблицу даже «элегантнее». Тот факт, что эта весьма неожиданно обнаруженная группа элементов столь превосходно вписалась в Периодическую систему, послужил дополнительным доказательством концепции Менделеева.

Для того чтобы сохранить аргон (Ar) на своем правильном месте в семействе инертных газов, его следует поставить перед калием (K), даже хотя это меняет порядок следования по молекулярным массам. И снова это повторилось в таблице с теллуром (Te) и йодом (I).

Заметим также, что в таблице 1 пять элементов с самыми большими атомными массами были неизвестны во времена Менделеева. Это полоний

(Po), астат (At), радон (Rn), франций (Fr) и радий (Ra). Эти элементы были обнаружены в 1890-х и в последующие годы; они являются радиоактивными. Все эти элементы относятся к нестабильным и присутствуют в земной коре в очень малых количествах. Поскольку все они располагаются в конце таблицы, их отсутствие не влияло на все остальные.

Затем возник фтор (F), который, строго говоря, не был хорошо изучен во времена Менделеева. Это очень своеобразный элемент. Фтор был обнаружен в различных соединениях, из которых его извлечь не удавалось. Свойства фтора были известны, но на основании свойств его соединений. Его связи в соединениях оказались столь тесны, что только в 1886 году химики смогли выделить фтор из соединений, чтобы исследовать этот элемент в чистом виде. Даже малоизученный, фтор присутствовал в таблице с самого начала (это напоминает ситуацию с глобусом, северные и южные поля которого были обозначены, даже несмотря на то, что полюсов достигнуть пока не удалось).

Было еще два элемента таблицы, галлий (Ga) и германий (Ge), с особой судьбой. После их обнаружения не пришлось искать, поместить ли их в последний ряд или последнюю строку, чтобы они не нарушали общий порядок. Хотя об их существовании не подозревалось, для них оставили «вакантное место» в середине таблицы.

Если бы это место не было оставлено и будущие галлий и германий были бы проигнорированы, то при попытке перечислить элементы в порядке атомных масс пришлось бы поместить мышьяк (As) справа от алюминия (Al) и селена (Se) и справа от кремния (Si) и т. д. Это бы совершенно разрушило организацию по семействам и валентности.

Менделеев отказался от этого, и это было одним из величайших его достижений. Он поместил мышьяк (As) справа от фосфора (P), а селен (Se) справа от серы (S), где их места соответствовали их свойствам. Поскольку это оставило два свободных места справа от алюминия (Al) и кремния (Si), Менделеев решил, что они предназначены для двух элементов, которые еще только предстояло открыть. Он назвал их эка-алюминий и эка-кремний, «эка» — санскритское слово, обозначающее единицу. Другими словами, отсутствующие элементы находились на одно место справа от алюминия и кремния соответственно.

Более того, Менделеев предсказал свойства отсутствовавших элементов с большой точностью — он счел, что галлий (Ga) будет иметь свойства, промежуточные между алюминием (Al) и индием (In), а германий (Ge) — промежуточные между кремнием (Si) и цинком (Sn).

Поначалу большинство химиков мира снисходительно улыбались на «этого сумасшедшего русского», но в 1875 году был открыт галлий, а в 1886 году германий, и предсказания Менделеева сбылись во всех отношениях. Химики перестали смеяться.

Значит ли это, что описываемая нами система совершенна?

Увы, нет. Версия Периодической системы, что приведена в таблице 1, содержит лишь сорок четыре элемента, а их намного больше. Такие хорошо известные элементы, как золото, серебро, медь, железо, платина, марганец и вольфрам (все прекрасно изученные во времена Менделеева), не имели своего места в Периодической системе — в той форме, в которой она представлена в таблице 1.

Следует ли после этого отбросить систему, или же можно найти место для дополнительных элементов?

Обратите внимание, что три ячейки таблицы я пометил знаком #. Между кальцием (Ca) и галлием (Ga) разница в атомных массах составляет 29,7; между стронцием (Sr) и индием (In) 27,2; а между барием (Ba) и таллием (Tl) целых 67,1. Эти разницы немного больше, чем где-либо в Периодической системе. Если не обращать внимания на эти три интервала, то средняя разница в атомных массах от элемента к элементу во всей остальной таблице составит только 2,5.

Если мы примем 2,5 за среднюю атомную массу между соседними элементами таблицы, то останется пространство для двенадцати элементов между кальцием (Ca) и галлием (Ga), для одиннадцати элементов между стронцием (Sr) и индием (In) и для не менее чем двадцати семи между барием (Ba) и таллием (Tl).

Возможно ли это?

Да, возможно, если мы решим, что периоды в Периодической системе могут иметь не одинаковую длину (как считали некоторые поначалу), а увеличиваться по направлению к концу таблицы.

К примеру, во времена Менделеева в первом периоде имелся только один элемент, водород (H), тогда как во втором и третьем периодах было по семь элементов. Через одно поколение, когда были открыты инертные газы, оказалось, что в первом периоде находятся уже два элемента, а во втором и третьем периодах по восемь (с тех пор здесь изменений не было). Тогда почему в следующих периодах нельзя увеличить число элементов до двадцати, тридцати и даже больше?

В самом деле, во времена Менделеева было известно не менее девяти элементов с атомными

массами, которые были между атомными массами кальция (Ca) и галлия (Ga); эти элементы словно заполняли большой зазор между этими массами. Аналогично девять элементов заполняли зазор между стронцием (Sr) и индием (In).

Проблема состоит в том, что валентность уже в отличие от положения с таблицей 1 не является первостепенным и определяющим фактором в этом зазоре. Элементы этого зазора расположены между элементом с валентностью 2 и элементом с валентностью 3 — от кальция (Ca) до галлия (Ga) в первом случае и от стронция (Sr) до индия (In) во втором, и, поскольку они осуществляют что-то вроде перехода от 2 до 3, их можно назвать транзитными элементами. В этой главе я буду называть элементы в таблице 1 валентными элементами.

Размещая в таблице транзитные элементы, мы можем частично руководствоваться атомными весами, частично — менее четко обозначенными валентными свойствами и частично другими химическими свойствами. Делая это, мы можем взять восемнадцать известных элементов первых двух промежутков (которые были известны к 1869 году) и выстроить их так, как показано в таблице 2.

К такому расположению трудно придраться. К примеру, ясно, что серебро (Ag) должно быть справа от меди (Cu) и что кадмий (Cd) должен быть справа от цинка (Zn), если исходить в первую очередь из основных химических свойств. Аналогично и с другими элементами. Только в указанном порядке свойства элементов соответствуют свойствам своих соседей, и у них даже атомные массы расположены по порядку, за исключением кобальта (Co) и никеля (Ni), у которых для того, чтобы сохранить последователь-

Таблица 2

ПЕРЕХОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Валентность		Период 4	Период 5
2		Ca (40,1)	Sr (87,6)
Транзитные элементы	*a*		Y (88,9)
	b	Ti (47,9)	Zr (91,2)
	c	V (50,9)	Nb (92,9)
	d	Cr (52,0)	Mo (95,9)
	e	Mn (54,9)	
	f	Fe (55,8)	Ru (101,7)
	g	Co (58,9)	Rh (102,9)
	h	Ni (58,7)	Pd (106,4)
	i	Cu (63,6)	Ag (107,9)
	j	Zn (65,4)	Cd (112,4)
3		Ga (69,7)	In (114,8)

ность химических свойств, атомные массы необходимо поменять местами. Но и в этом случае атомные массы находятся столь близко друг к другу, что подобная перестановка особенно картины не нарушает (это третий — и последний —

случай перестановки в Периодической системе элементов по их атомным массам).

Но в нашей таблице 2, в которой представлены четвертый и пятый периоды, есть два незанятых места. Одно из них оставлено слева от иттрия (Y), а другое — справа от марганца (Mn). Менделеев предсказал, что слева от иттрия (Y) должен располагаться новый элемент (уже третий из предсказанных им). Он назвал этот элемент экабор, поскольку в первой версии таблицы он оставил пустое место справа от бора (B). Менделеев указал и свойства будущего элемента.

Эта ячейка была заполнена в 1879 году, когда был обнаружен скандий (см. главу 11). Его символ Sc; его атомная масса очень удачно вписалась между кальцием (Ca) и титаном (Ti).

Ячейку справа от марганца (Mn) оказалось заполнить не столь легко. Элемент, который подошел сюда, был обнаружен только в 1937 году. Его назвали технецием (Tc, атомная масса 99). В результате промежуток в атомных массах транзитных элементов казался практически заполненным (если брать в расчет по десять элементов подряд в четвертом и пятом периодах, считая и пустые ячейки). Атомные массы в среднем разнились на 2,6, в то время как в среднем разница для валентных элементов составляла 2,5.

Но можно ли было, руководствуясь разницей в атомных массах (и во вторую очередь валентностью), с уверенностью сказать, что в каждой из двух серий транзитных элементов по одиннадцать элементов, и только? Может быть здесь двенадцатый элемент? Предположим, к примеру, что между *c* и *d* в каждой из двух серий отсутствует по элементу. Если такого элемента нет между *c* и *d* только в одной серии, то по элементу другой серии мы легко определим пустое мес-

то (к примеру, пустое место слева от иттрия в таблице 1). Но если в обеих сериях мы не знаем элементы, то их существование мы не сможем даже предположить (как произошло в случае с инертными газами, поскольку все эти элементы были неизвестны и об их существовании не подозревали. Как только один из них был открыт, сразу возникли пустующие ячейки в таблице; неизвестные элементы начали искать и вскоре обнаружили).

В пользу того, что правильным числом для транзитных элементов является 10, служит тот факт, что общее количество элементов в периодах четвертом и пятом, валентных и переходных, равно 18, и это выявляет интересную закономерность. Она заключается в следующем: общее число элементов в первом периоде равно $2 \times 1^2 = 2$; общее число в периодах втором и третьем равно $2 \times 2^2 = 8$; и общее число в периодах 4 и 5 равно $2 \times 3^2 = 18$.

Эта зависимость выглядит очень заманчивой, и у людей вроде меня, с любовью к числам, сразу возникает вопрос: но почему элементы столь точно подчиняются этой закономерности? В XIX столетии не было теории, которая бы объяснила ее, и потому это, возможно, просто совпадение, которое могло привести к неверным выводам.

По этой причине химики не могли быть уверены, и Периодическая система, хотя и считалась весьма удобной, оставалась под сомнением.

Но перейдем к третьей серии транзитных элементов — тех, которые должны были послужить мостом между элементами с особенно значительными атомными весами — барием (Ba) и таллием (Tl). Во времена Менделеева здесь было

известно одиннадцать элементов. Если мы попытаемся связать их с двумя другими сериями транзитных элементов по схеме от *a* до *j*, то получим таблицу 3.

Таблица 3

ПЕРЕХОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Валентность		Период 6
2		Ba (137,3)
Транзитные элементы	*a*	La (138,9)
	b	
	c	Ta (180,9)
	d	W (183,9)
	e	
	f	Os (190,2)
	g	Ir (192,2)
	h	Pt (195,1)
	i	Au (197,0)
	j	Hg (200,6)
3		Tl (204,4)

Элементы, показанные в таблице 3, несомненно, согласуются с элементами из таблицы 2. Таким образом, золото (Au) ясно стоит в своей по-

зиции *i* справа от меди (Cu) и серебра (Ag) — и остальные приведенные в таблице элементы стоят на соответствующих местах.

Однако здесь есть две пустые ячейки. В позиции *b* должен присутствовать какой-то элемент справа от циркония (Zr) — и в 1923 году этот элемент был открыт. Его назвали гафнием (Hf, атомная масса 178,5), он был найден в циркониевой руде. Элемент прекрасно вписался в свое место — пожалуй, даже слишком прекрасно. Открытие гафния заняло много времени не потому, что элемент был очень редким, а потому, что он очень походил на цирконий по своим свойствам, так что было трудно отделить его от пятидесяти более распространенных близнецов.

Пустое место в ячейке *e* было заполнено в 1925 году с открытием рения (Re, атомная масса 186,2).

В третьей транзитной серии не было открыто ни одного элемента, который бы показывал на существование неизвестных ранее пустот в первой или второй транзитной серии. Это свидетельствовало в пользу предположения, что в каждой из этих первых двух серий существует по десять элементов.

Но даже после открытия гафния (Hf) можно заметить, что существует впушительный пробел в атомных массах между атомными массами гафния и лантана (La) — пробел в 39,6. Этот пробел существует между элементами *a* и *b* шестого периода — но столь же большого пробела нет в соответствующих ячейках четвертого и пятого периодов. В пробеле шестого периода есть место для целого ряда элементов.

Я раньше говорил, что во времена Менделеева было известно одиннадцать элементов с атомными весами, лежащими между атомными весами бария (Ba) и таллия (Tl). Таблица 3

имеет только восемь из них. Что с тремя другими?

Эти три других имеют атомные веса, которые действительно попадают в возникший после открытия гафния зазор между лантаном (La) и гафнием (Hf), и это церий (Ce), эрбий (Er) и тербий (Tb).

Это три редкоземельных элемента, о которых я говорил в предыдущей главе. Два других были известны во времена Менделеева: лантан (La) и иттрий (Y) — и вскоре был открыт еще один, скандий (Sc). Скандий, лантан и иттрий, однако, соответствуют строке *a* в четвертом, пятом и шестом периодах и являются обычными переходными элементами. Только церий, эрбий и тербий являются элементами, которые должны быть помещены в этот промежуток в шестом периоде. К 1907 году было определено еще десять редкоземельных элементов с атомными весами, которые позволили расположить эти элементы в этом интервале. Список всех тринадцати представлен в таблице 4.

Но сколько еще может быть элементов?

Вернемся обратно к игре в числа, которую я ввел несколько раньше. Та же самая система, которая объясняет числа 2, 8, 8, 18, 18 для первых пяти периодов, должна дать общее количество элементов в шестом периоде: $2 \times 4^2 = 32$. Поскольку валентные элементы и транзитные элементы вместе в шестом периоде составляют 18, число редкоземельных элементов для заполнения интервала должно составить 14, чтобы общее количество было равно 32.

У нас есть 13 элементов, где нам найти 14-й?

Разница атомных масс неодима (Nd) и самария (Sm) составляет 6,2, более чем в два раза превышая обычное значение. Возможно, 14-й элемент находится именно в этом промежутке.

Таблица 4

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Период 6		
a Лантан (La) (138,9)		
	Церий (Ce)	140,1
	Празеодим (Pr)	140,9
	Неодим (Nd)	144,2
	Самарий (Sm)	150,4
	Европий (Eu)	152,0
	Гадолиний (Gd)	157,3
	Тербий (Tb)	158,9
	Диспрозий (Dy)	162,5
	Гольмий (Ho)	164,9
	Эрбий (Er)	167,3
	Тулий (Tm)	168,9
	Иттербий (Yb)	173,0
	Лютеций (Lu)	175,0
b Гафний (Hf) (178,5)		

Однако разница атомных масс европия (Eu) и гадолиния (Gd) равняется 5,3, а тулия (Tm) и иттербия (Yb) — 4,1. Может быть и такое, что в промежутках отсутствуют три элемента, по элементу в каждом. Кто знает, может, число таких элементов даже больше, поскольку не может быть привязанности лишь к численным соотношениям в отсутствие физических свидетельств, которые объяснили бы их правильность.

Короче говоря, через сорок лет после того, как Менделеев представил Периодическую систему элементов, она остается неполной. Несмотря на ее невероятный триумф системы и точность, с которой она решала почти все вставшие перед ней

проблемы, химики не могли быть уверены, что она правильна во всех отношениях. В частности, они не знали, верно ли она отображает редкоземельные элементы.

По этой причине, а также в силу менее важных обстоятельств химики усердно изучали все редкоземельные минералы, чтобы определить, сколько элементов они могут идентифицировать с абсолютной уверенностью. Если бы удалось найти что-то новое, это могло бы сокрушить всю Периодическую систему.

Но они ничего не нашли. Вместо этого в 1914 году Периодическая система получила наконец законченную форму — и это произошло благодаря совершенно неожиданному ходу событий, которые, казалось, не имели с химией ничего общего. Мы проследим за этими событиями в следующей главе.

Глава 13
НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ, КОТОРОЙ НЕ БЫЛО

Недавно я читал лекцию в соседнем университете. Перед лекцией был обед, на котором разрешалось присутствовать особо отличившимся студентам. Естественно, все они принадлежали к числу любителей научной фантастики. Они считали, что просто здорово будет увидеться со мной, и это радовало, поскольку я полагаю, что очень приятно общаться с людьми, которые ценят твое творчество.

Одной из студентов была полногрудая восемнадцатилетняя девушка, и я сразу вспомнил, как много лет назад мне очень нравилась одна такая полногрудая восемнадцатилетняя студентка, и

старые чувства вновь вспыхнули с новой силой. Она сидела рядом со мной за ужином, и я демонстрировал чудеса остроумия, излучая галантность и обаяние. Но когда наступило время десерта, я решил перевести дух и в наступившей тишине попытался прислушаться, о чем беседуют за столом.

Мы оба замолчали. Сидящие за столом разговаривали; все они были молодыми людьми, которых глубоко волновали насущные проблемы дня. Говоря по правде, я тоже захотел принять участие в беседе, но, прислушавшись, подумал, что буду только досаждать моим соседям разной чепухой. И как только я решил снова вернуться к глубокомысленным речам, студентка сказала мне: «Все здесь очень серьезные. С того времени как я поступила в колледж, я встречаю здесь только серьезных людей».

Немного помолчав, она с искренностью произнесла: «Фактически все время, как я здесь, вы первый восемнадцатилетний, кого я встретила».

И я поцеловал ее.

Но знаете, как бы по-юношески я себя ни ощущал (и ни действовал), каким бы молодежным ни был мой образ жизни и сколько бы я ни общался со студентами, тем не менее мне больше восемнадцати. Мои враги могут даже сказать, что мне намного, намного больше восемнадцати, и они будут правы.

Поскольку избавиться от возраста нет иного способа, кроме как умереть, а меня такая перспектива не радует, я лучше расскажу вам об одном очень молодом человеке...

В предыдущей главе я говорил о Периодической системе и что после почти примерно полуве-

кового триумфа она ко второму десятилетию XX века все еще не имела твердого обоснования, которое, так случилось, началось с совершенно случайного события.

Произошло оно в 1895 году. Место события — лаборатория Вильгельма Конрада Рентгена, главы отдела физики университета Вюрцбурга в Баварии. Рентген исследовал катодные лучи — очень популярный объект физики тех дней. Электрический ток, проходя через вакуум, вызывает поток частиц; позднее выяснилось, что они меньше атомов (субатомные частицы). Их назвали электроны.

Как оказалось, потоки электронов имеют целый набор замечательных свойств. Во-первых, когда электроны бомбардируют некоторые химикалии, возникает люминесценция. Эта люминесценция не очень яркая, и потому, чтобы исследовать ее более тщательно, Рентген затемнил комнату и заключил трубку с катодными лучами в тонкую черную коробку из-под карт.

5 ноября 1895 года он включил свою катодную трубку, намереваясь внимательно изучить, что происходит внутри коробки, и продолжить эксперименты. Но до того как ученый приступил к опытам, он почувствовал, что в его глаза словно попали искры. Осмотрев свое устройство, Рентген обнаружил, что у одной стороны трубки находился кусочек бумаги, покрытый платиноцианидом бария — одним из химикалий, которые светились при бомбардировке электронами. (Рентгену платиноцианид бария был нужен для другого опыта. — *Примеч. пер.*)

Рентгена это озадачило, поскольку платиноцианид бария не находился на пути электронов. Располагайся кусочек бумаги внутри картонной коробки у нужного конца катодной трубки, все было бы объяснимо. Но светящаяся бумага находилась на

одной из сторон трубки, и даже если предположить, что какие-то из электронов «убегают» в сторону, у них не было возможности пройти сквозь картонную коробку.

Возможно, свечение было вызвано совершенно другой причиной, не имеющей ничего общего с катодной трубкой. Рентген отключил электрический ток, чтобы катодная трубка прекратила работу, — и бумага с покрытием перестала светиться. Рентген стал включать и отключать электрический ток — и бумага с покрытием начинала светиться и прекращала свечение в том же ритме. Ученый перенес бумагу в другую комнату — и она продолжала светиться (хотя слабее), только когда катодная трубка была включена.

Рентген мог прийти только к одному заключению. Катодная трубка была источником какого-то таинственного излучения, которое отличалось исключительной способностью к преодолению препятствий. Оно могло проходить и через картонную коробку, и через стены. Поскольку ученый не имел ни малейшего представления о природе этого излучения, он обозначил его знаком, который принято использовать для неизвестных величин, — «х-лучами». В английском это название сохранилось до нашего времени.

Рентген с энтузиазмом приступил к экспериментам и вскоре, 28 декабря 1895 года, через удивительно короткое время после начала экспериментов, смог опубликовать первую работу. Рентген представил «х-лучи» изумленной публике и показал, что они могут вызвать побеление фотопластинки и способны проникать сквозь различные материалы, причем через одни лучше, чем через другие.

К примеру, «х-лучи» легко проходили сквозь бумажные салфетки и хуже через кость. Если на

фотографическую пластинку поместить руку и направить на руку «х-лучи», кости будут столь сильно препятствовать «х-лучам», что часть пластинки под ними останется светлее.

Ни одно другое изобретение в области физики никогда столь же быстро не применялось в медицинской науке. То, что можно изучать внутренности, не разрезая ткани, вызвало неподдельный восторг — и всего через четыре дня после того, как известие об «х-лучах» достигло Соединенных Штатов, новый вид излучения был успешно использован, чтобы определить местоположение пули в человеческой ноге. За год после открытия Рентгена были опубликованы тысячи работ об «х-лучах» — и в 1901 году, когда впервые стали присуждаться Нобелевские премии, самым первым награжденным был Рентген.

Неспециалисты тоже пришли в волнение. Перепуганные члены законодательных органов Нью-Джерси попытались провести «ради девичьей скромности» закон, запрещающий использование «х-лучей» в театральных биноклях, — вот каким был уровень научных знаний в законодательных органах.

Ясно, что излучение не может появиться из ниоткуда. Летящие электроны, из которых состоят катодные лучи, ударяют в стекло и останавливаются, более или менее внезапно. Кинетическая энергия этих летящих электронов должна перейти в какую-то другую форму, и это происходит в виде «х-лучей», которые имеют достаточно энергии, чтобы пройти сквозь довольно объемные предметы.

Если такое происходит при столкновении электронов со стеклом, то что должно случиться, ког-

да они столкнутся с чем-либо, остановившим их более эффективно? Резкая потеря скорости должна привести к появлению «х-лучей» с большей энергетикой, чем у тех лучей, что наблюдал Рентген. В катодную трубку на пути электронов были помещены частицы металла. То, что ожидалось, произошло. Получился более интенсивный поток «х-лучей» с большей энергией.

«Х-лучи», возникающие в результате столкновения электронов с металлом, были особенно тщательно изучены в 1911 году английским физиком Чарлзом Глоувером Баркла. Физики в то время еще не создали приемлемых техник для измерения свойств «х-лучей» с необходимой точностью, но, по крайней мере, когда данный поток «х-лучей» проникал через какое-то вещество на большую глубину, чем другой поток «х-лучей», то можно было говорить, что первый поток содержит больше энергии.

Баркла обнаружил, что для данного металла «х-лучи» появляются в виде набора потоков, каждый из которых имеет свою энергию, если судить по их проникающей способности. Он отнес лучи с одной энергией к «К-серии», с другой — к «L-серии», третьей — к «М-серии» и так далее, в порядке уменьшения проницаемости и, следовательно, уменьшения энергии. Разница в энергии оказалась дискретной. Между уровнями «К-серии» и «L-серии» промежуточных уровней не оказалось, как и между уровнями других серий.

Более того, разные металлы давали наборы «х-лучей», характерных только для них. Если взять только одну серию, к примеру «L-серию», то с возрастанием атомной массы металла, который бомбардируется электронами, возрастает и энергия этой серии.

Поскольку энергетические уровни «х-лучей» характеризуют металлы, используемые для остановки электронов, Барка назвал их «характеристические «х-лучи».

Знак «х», применяющийся обычно по отношению к неизвестным величинам, весьма точно подходил к «х-лучам» (рентгеновским лучам) на протяжении семидесяти лет после открытия Рентгена.

Состоят ли рентгеновские лучи из частиц, таких, как электроны, но со много большими энергиями? Или же «х-лучи» представляли собой наборы электромагнитных волн, подобно обыкновенному свету, но с намного большими энергиями?

Если бы «х-лучи» состояли из волн, они бы отклонялись от курса дифракционной решеткой, состоящей с одной стороны из многочисленных параллельных друг другу тонких непрозрачных линий с совершенно прозрачными промежутками между линиями. Проблема состояла в том, что линии должны были располагаться через очень малые промежутки. Чем короче изучаемая длина волны излучения, тем ближе друг к другу должны располагаться линии.

При помощи механических устройств можно сделать тонкие линии, достаточно близко расположенные друг от друга, чтобы отражать обыкновенные световые волны, но если бы «х-лучи» были бы световыми волнами, но со много большей энергетикой, у них были бы значительно меньшие длины волн, чем у обычных световых волн. Механическими средствами линии просто невозможно провести достаточно близко, чтобы они могли оказать дифракционное действие на рентгеновские лучи.

Немецкому физику Максу Теодору Феликсу фон Лауэ пришло в голову не полагаться на механические средства. Кристаллы состоят из атомов, идущих с исключительной регулярностью. Внутри кристалла идет несколько слоев атомов одного вида, ориентированных вдоль одной плоскости. Именно эти последовательные слои атомов, расположенные на равных расстояниях друг от друга, и будут отклонять рентгеновские лучи. Другими словами, кристалл является дифракционной решеткой, созданной природой в угоду исследователям XX века (если смотреть на дело с романтической точки зрения).

Итак, если рентгеновские лучи направить на кристалл и если они отклонятся так, как это следует из теории для световых волн, тогда очень похоже, что «х-лучи» — это световые волны.

В 1912 году фон Лауэ и его помощники направили рентгеновские лучи через кристалл сульфида цинка, и луч в самом деле отклонился. Рентгеновские лучи оказались электромагнитным излучением, подобно свету, но с намного большей энергией. Теперь «х-лучи» не были больше «х», но тем не менее в английском языке они свое имя сохранили.

Ученые могли идти дальше. Можно рассчитать расстояние между слоями атомов в кристалле так, чтобы лучи данной длины волны проходили не отклоняясь. Отсюда нетрудно узнать, сколько через кристалл проходит излучения других длин волн, причем с удивительно высокой точностью.

Молодой австралийский студент-физик из Кембриджа, Уильям Лоренс Брэгг, услышав об эксперименте фон Лауэ, сразу это понял. Его отец, пре-

подаватель физики в университете Лидса, увидел то же самое. Вместе отец и сын начали поспешно измерять длины рентгеновских волн и совершенствовать технику измерений.

И вот мы подходим к главному герою этой главы, к английскому физику Генри Гвин-Джеффри Мозли, сыну профессора анатомии, скончавшемуся, когда Генри было только четыре года.

Мозли был просто блистательным ученым. Он учился в Итоне и Оксфорде, и в 1910 году, когда ему было двадцать три года, он присоединился к группе молодых людей, работавших под началом уроженца Новой Зеландии Эрнста Резерфорда в университете Виктории в Манчестере. В этой группе он проработал два года.

Резерфорд был одним из величайших экспериментаторов всех времен. В 1908 году он получил Нобелевскую премию (эта премия была по химии, поскольку его открытия в области физики имели исключительно важное значение для химии. Резерфорд был несколько разочарован этим, так как любой хороший физик смотрит на химиков свысока).

Более того, семеро из тех, кто работал у Резерфорда когда-либо, получили Нобелевские премии за свои собственные достижения. Тем не менее есть много доводов в пользу того, что из всех работавших у Резерфорда самым блистательным был именно Мозли.

Так получилось, что Мозли объединил работы Брэггов и Баркла. При изучении поведения различных металлов, испускающих рентгеновские лучи, он отказался от грубого способа определения энергии излучения по поглощению в препятствии; Мозли начал пропускать лучи через кристалл, на манер

Брэггов, что позволило измерять длину волны с большой точностью.

Это он сделал в 1912 году (к этому времени он перебрался в Оксфорд и начал независимые исследования) для металлов — для кальция, титана, ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля и меди. Эти элементы составляют, именно в этом порядке, непрерывную последовательность; в общем ряду между кальцием и титаном должен быть скандий, но у Мозли не было скандия для работы.

Моэли нашел особые серии характеристических рентгеновских лучей, связанные с каждым металлом. С продвижением вдоль Периодической системы длины волн уменьшались (а энергия, таким образом, увеличивалась), причем по очень определенному признаку. Положение в Периодической системе соответствовало квадратному корню из длины волны.

Это исключительно важно, поскольку порядок размещения в Периодической системе по атомным массам, который до того был главным критерием для определения последовательности в Периодической системе, регулярности подчинялся не всегда. Атомные массы, изученные Мозли, составляли (с точностью в один знак после запятой): 40,1; 47,9; 50,9; 52,0; 54,9; 55,8; 58,9; 58,7 и 63,5. Атомная масса скандия, которого у Мозли не было, была равна 45,0. Интервалы между атомными весами составляли, таким образом, 4,9; 2,9; 3,0; 1,1; 2,9; 0,9; 3,1; −0,2; 4,8.

Эти интервалы не могут идти ни в какое сравнение с абсолютной регулярностью длин волн рентгеновских лучей. Более того, в Периодической системе есть несколько мест, где элементы идут не в порядке возрастания атомных масс. Только из химических свойств следует, что никель должен идти после кобальта, хотя атомный вес никеля немного

меньше, чем атомный вес кобальта. Но подобной путаницы никогда не случается, если руководствоваться рентгеновскими лучами. По этому критерию никель имеет характеристические рентгеновские лучи большей энергии, чем кобальт, и потому обязан идти после кобальта.

Мозли пришел к заключению, что атомные веса элементов не являются фундаментальными характеристиками и сами по себе не определяют место данного элемента. А вот рентгеновские лучи, напротив, представляют нечто такое, что является фундаментальными характеристиками элемента.

Мозли даже смог определить это нечто.

Всего за год до этого прежний руководитель Мозли, Резерфорд, провел серию экспериментов, которые прояснили базовые принципы строения атома. Атом не является чем-то бесформенным, неделимой частицей, как считали на протяжении всего XIX столетия. Напротив, у него оказалось сложное внутреннее строение.

Почти вся атомная масса сосредоточена в центре атома, в атомном ядре, которое занимает только одну квадриллионную всего объема атома. Остальную часть атома заполняют электроны — микроскопические частицы, поскольку электрон имеет массу всего в $^{1}/_{1837}$ даже у самого легкого из атомов (у водорода).

Каждый электрон имеет единицу отрицательного заряда, и этот заряд абсолютно одинаков во всех электронах (как это считали тогда и как это считают и сейчас). Заряд электрона обычно представляют как -1.

Однако атом в целом электрически не заряжен. Из этого следует, что центральное атомное ядро должно, таким образом, иметь балансирующий положительный заряд.

Теперь предположим, что каждый элемент состоит из ядра и характерного только для данного элемента числа электронов. Центральное ядро атома должно соответствовать числу электронов, то есть иметь уравновешивающее число положительных зарядов. Если у какого-либо элемента атом содержит только один электрон, его ядро имеет заряд +1. Атом с двумя электронами имеет ядро с зарядом +2. Атом с тремя электронами — +3 и так далее.

Однако некоторое число электронов может отлететь от данного атома или присоединиться к нему, сделав атом соответственно положительным или отрицательным. Это означает, что число электронов не является по-настоящему фундаментальным критерием в природе атома. Только атомным ядром, таящимся глубоко в центре атома, нельзя манипулировать обычными химическими методами. Атом остается постоянным фактором, и, таким образом, именно он определяет характерные свойства элемента.

Конечно, во времена Мозли никто не знал в подробностях структуру атомного ядра, но в этом тогда и не было необходимости. Величины положительного заряда ядра было достаточно.

К примеру, легко доказать, что летящий электрон рентгеновского излучения при ударе по веществу теряет в скорости тем больше, чем больше заряд атомов этого вещества. Энергия получающихся рентгеновских лучей увеличивается в той же мере, как и величина заряда, — и если величина заряда увеличивается линейно, то линейно увеличивается и энергия рентгеновского излучения.

Мозли предложил, чтобы каждый элемент был представлен числом, которое бы выражало две разные вещи: 1) величину положительного заря-

да ядра его атома и 2) его положение в Периодической системе.

Таким образом, водород, как первый элемент в системе, будет представлен числом 1 и, как ожидалось, будет иметь единичный положительный заряд атомного ядра (надо сказать, так и оказалось). Гелий представлен числом 2, и это означает, что он является вторым элементом в Периодической системе и имеет две единицы положительного заряда. И так далее, вплоть до урана, последнего тогда известного элемента Периодической системы, который должен иметь, из собранных о нем данных (в то время и впоследствии), заряд в девяносто две единицы заряда; он будет представлен числом 92.

Мозли предложил, чтобы эти числа были названы «атомными числами», и его предложение было принято.

Физик опубликовал свои открытия в 1913 году, и они немедленно вызвали большой интерес. В Париже Жорж Урбэн решил проверить выводы Мозли. Много лет он тщательно и трудолюбиво разделял редкоземельные элементы, после чего создал смесь из нескольких оксидов, которые, как он считал, не сможет приготовить никто, кроме опытного специалиста, да и то лишь после долгого и утомительного разделения. Он отвез смесь в Оксфорд, и здесь Мозли подверг ее бомбардировке, после чего измерил длины волн получившегося излучения и довольно быстро объявил, что смесь содержит эрбий, тулий, иттербий и лютеций, — и оказался прав.

Урбэн был просто изумлен — как молодостью Мозли, так и силой его открытия. Он вернулся обратно в Париж, чтобы яростно отстаивать концепцию атомных чисел.

Теперь наконец Периодическая система имела твердые обоснования. Когда длины рентгеновских

лучей отличаются на определенную известную минимальную величину, тогда два элемента являются смежными и имеют ядерные заряды, которые различаются всего на единицу. Между ними не может быть никаких новых элементов.

Это означает, что от водорода до урана включительно должно располагаться точно девяносто два элемента — не больше и не меньше. И через столетие после открытия Мозли в диапазоне между водородом и ураном так и не появилось новых элементов — как это и было предсказано теорией Мозли. Новые элементы, конечно, появлялись, но после урана, с атомными номерами 93, 94 и так далее, до открытого позже 104 (и возможно, 105), но это другая история.

Кроме того, если длины волн рентгеновских лучей двух элементов отличаются в два раза, то это значит, что между этими элементами обязательно должен находиться один элемент, причем точно один. А если такой элемент неизвестен, тогда его следует поискать, вот и все.

В то время, когда концепция атомных чисел развивалась, было известно восемьдесят пять элементов в диапазоне от водорода до урана. Поскольку имелось место для девяноста двух элементов, это означало, что все еще оставалось место для семи неоткрытых элементов. Их атомные числа были 43, 61, 72, 75, 85, 87 и 91.

Это решило задачу, поставленную в предыдущей главе относительно общего числа редких земель. Оказалось, что не открыта только одна редкая земля, и она имеет атомное число 61, располагаясь между неодимом (60) и самарием (62). Потребовалось лишь тридцать лет, чтобы открыть отсутствующие семь элементов, и, когда это произошло, самым последним из тех, что осталось открыть, был редкоземельный элемент с атомным

номером 61. Его обнаружили в 1948 году и назвали прометием.

Благодаря концепции атомных чисел Мозли под Периодическую систему было подведено основание твердое, как скала. Все произошедшие с тех пор открытия только укрепляли концепцию атомных чисел и Периодическую систему.

Ясно, что Мозли заслужил Нобелевскую премию как в физике, так и в химии (лично я думаю, что две Нобелевские премии), и это совершенно несомненно.

Но в 1914 году Нобелевскую премию получил фон Лауэ, а в 1915 году — команда из отца и сына Брэгг. В обоих случаях работы по рентгеновским лучам были лишь преддверием кульминационной работы Мозли. В 1916 году Мозли просто обязан был получить Нобелевскую премию, ничего не должно было ему помешать.

Но, увы. Помешало.

В 1914 году началась Первая мировая война, и Мозли сразу пошел служить лейтенантом британских саперных частей. Это был его выбор, и его следует уважать за патриотизм. Тем не менее патриотизм человека и готовность пожертвовать жизнью — это еще не основание, чтобы правительство согласилось отправить крупного ученого на фронт.

Мозли мог сто раз выражать желание стать добровольцем — и все равно правительству не следовало отправлять его на фронт. Резерфорд понял это и попытался сделать так, чтобы Мозли направили в научную лабораторию, поскольку было ясно, что он куда полезнее государству в области военных исследований, чем на поле боя. К началу Второй мировой это стали понимать, и Мозли наверняка сохранили бы как ценный и редкий военный ресурс.

Но подобного трудно было ожидать в условиях той грандиозной глупости, которая называлась Первой мировой войной.

Весной 1915 года англичане пришли к мысли высадиться на Галлиполийском полуострове в Западной Турции для того, чтобы получить контроль над узкими проливами, связывающими Средиземное и Черное моря. Захватив этот проход, можно было наладить снабжение разлагающейся русской армии, в которой невероятное мужество солдат сочеталось со столь же невероятными административными промахами. Стратегически замысел был хорош, но тактически его выполняли с беспрецедентной глупостью. Среди многих безумных предприятий Первой мировой Галлиполийская операция выделяется как пример всего того, чего не надо делать.

В январе 1916 года все окончилось. Англичане бросили в бой полмиллиона человек, но не получили ничего. Потери составили половину всех войск.

В ходе этой бесславной кампании погиб и Мозли. 13 июня 1915 года он высадился на Галлиполийском полуострове, а 10 августа 1915 года, когда давал распоряжение по телефону, в него попала турецкая пуля. Она угодила в голову; Мозли погиб мгновенно. Ему не исполнилось и двадцати восьми лет; на мой взгляд, из миллионов погибших в той войне смерть этого человека была самой большой из потерь человечества в целом.

В 1916 году Нобелевская премия по физике не вручалась. Это можно было бы объяснить тем, что идет война, но состоялись же награждения в 1915 году; вручалась она и в 1917-м. В 1917 году ее получил Баркла, еще один человек, чья работа была лишь прелюдией к великому прорыву Мозли.

Может, меня сочтут сентиментальным, но я не вижу причин, почему колоссальная глупость людей должна приводить к подобной несправедливости. Тем не менее не поздно (даже сейчас) ученым восполнить этот пробел и признать, что Нобелевская премия 1916 года по физике принадлежит Мозли и что его имя обязательно должно присутствовать в каждом списке нобелевских лауреатов.

Это следует сделать не ради него. Я не настолько сентиментален. Ему уже все равно. Мы должны сделать это ради того, чтобы сохранить доброе имя науки.

Часть четвертая

СОЦИОЛОГИЯ

Глава 14
РОКОВАЯ МОЛНИЯ

В последние пять лет (или около того) я стал писать книги по истории. Не по истории науки — я уже делаю это на протяжении долгого времени, я имею в виду истинную историю.

Это очень важно для меня по нескольким причинам. Мои пальцы сохраняют проворность от работы на печатающей машинке, а ум упражняется в новом и весьма вдохновляющем направлении. И что самое важное, это позволяет мне занять себя новыми играми.

Каждый, кто дочитал мою книгу до этих строк, уже знает, что я люблю играть с числами, но, как оказалось, я люблю играть и с поворотными точками в истории тоже. Это просто восхитительно — проследить последовательность событий до какого-то времени и сказать: «В этой точке, и именно в ней, история человечества могла пойти иным путем, и человечество выбрало именно данный путь, а не другой».

Сказать по правде, я немного фаталист и верю, что история человечества — результат действия могущественных сил, существование которых отрицать нельзя, и что, если какому-то событию по-

мешали свершиться в какое-то время, оно позднее все равно произойдет. Но даже если это и так, то все равно интересно определить момент, когда такой поворот и в самом деле произошел.

Но самое интересное — это найти совершенно неизвестную ранее поворотную точку — точку, которую раньше никто не замечал. Я думаю, что у меня больше возможностей отыскать такую точку, чем у других, поскольку я уверенно чувствую себя как дома, так и в науке.

Сплошь и рядом историки показывают себя весьма слабыми в науке; по большей части они склонны находить поворотные точки в политических и военных событиях. Такие судьбоносные годы истории, как 1453, 1492, 1517, 1607, 1789, 1815 и 1917, прямо не связаны с наукой. Ученые, с другой стороны, склонны рассматривать историю не как последовательность общественных событий, и для них главные поворотные точки относятся к 1543, 1687, 1774, 1803, 1859, 1895, 1900 и 1905 годам. (Вы можете тоже доставить себе удовольствие в отыскании поворотных точек, пытаясь определить, что произошло в указанные годы, но не подглядывая в словарь; впрочем, данный предмет не относится к остальной части главы. — *Примеч. пер.*)

Однако, что касается меня, самой важной поворотной точкой (одной из тех, которые были одинаково важны как для науки, так и для общества) была та, что произошла в 1752 году, — и никто, на мой взгляд, это не отметил. Итак, любезный читатель, я начну...

Человек всегда стремился защитить себя от превратностей стихии. Это легко проследить по письменным свидетельствам; нет сомнений, что человек стремился к этому и до того, как научился писать.

Защита от превратностей стихии требовалась часто, поскольку были времена года, когда у охотников оказывалось мало дичи, а земледельцам мешал моросящий дождь. Люди страдали от внезапной зубной боли и желудочных колик; они болели и умирали; на них тяжелыми бедствиями обрушивались ураганы и войны; с ними случались различные несчастья и напасти.

Казалось, весь мир ополчился против несчастного, дрожащего от холода человека — и потому он искал какое-нибудь волшебное средство, чтобы изменить ход вещей. Если бы только найти нужное заклинание, правильный мистический знак, приносящий удачу предмет, научиться правильно молиться или угрожать богам, тогда дичи бы стало в достатке, дождь бы шел в нужное время, неудачи бы исчезли, а жизнь была бы прекрасна.

Если бы человек не верил в это, тогда ему пришлось бы жить в мире невыносимо враждебном и ненадежном. Вряд ли кто хотел бы жить в таком мире — и во времена, когда неандертальцы церемониально хоронили своих мертвых, и во времена, когда Альберт Эйнштейн отказался верить в то, что Бог будет играть в орлянку со Вселенной.

И в доисторическое время, и в исторические эпохи значительная часть энергии человека затрачивалась на поиск ритуалов для управления Вселенной и на твердое следование таковым. Вождь племени, патриарх, шаман, знахарь, мудрец, кудесник, пророк, жрец и те, кто считался особо знающим вследствие своего преклонного возраста, благодаря посвящению в тайные науки или свойству входить в транс и изрыгать пену изо рта, обязаны были соблюдать ритуалы. И именно к этим людям человек обращался за помощью.

Говоря по правде, довольно многие из этих ритуалов сохранились до наших дней. Прежде чем покинуть порт, рыбаки произносят определенные заклинания, которые должны принести им удачу; иначе просто невозможно. Если мы считаем, что это всего лишь предрассудок темных моряков, то хочу напомнить, что конгресс Соединенных Штатов чувствует себя крайне неуютно, если обсуждение не начинается со священника, который бормочет слова Библии о том, чтобы на членов конгресса было ниспослано с высот правильное решение, хотя это, однако, редко помогает конгрессу приходить к таковому.

Прошло не так много времени с тех пор, когда было весьма распространенным окроплять святой водой поля для защиты от саранчи, звонить в колокола для защиты от землетрясений и дурных последствий появления комет. Совсем еще недавно произносились коллективные молитвы, в которых использовались слова, призванные ниспослать долгожданный дождь. Короче, мы не окончательно оставили попытку управлять Вселенной при помощи магии.

Ключевым моментом, который произошел в XVIII веке, было осознание того, что у человека есть другая возможность обезопасить себя, кроме магии. Человечество пришло к поворотной точке, когда оно должно было решить: управляется ли Вселенная при помощи магии (посредством молитв или заклинаний) или нет.

Может показаться, что человек способен управлять Вселенной. К примеру, при помощи науки. К середине XVIII столетия «научная революция» продолжалась уже на протяжении двух столетий. Своего пика, при Исааке Ньютоне, на-

ука достигла за три четверти века до этого. Западная Европа, в особенности Франция, испытывала самый расцвет эпохи рассудка.

И тем не менее наука еще не казалась альтернативой магии.

Фактически развитие науки на простом человеке никак не отразилось. Было всего несколько ученых и дилетантов, которые интересовались наукой как интеллектуальной игрой для джентльменов с высоким умственным развитием, но это и все. Наука была скучным абстрактным предметом, который не имел никакого практического смысла (многие ученые, следовавшие традициям, идущим еще со времен древних греков, считали, что наука и не должна иметь отношение к жизни).

Коперник мог спорить о том, что Земля вращается вокруг Солнца, а не наоборот; Галилей мог попасть в опалу, защищая эти взгляды; Ньютон мог разработать замечательные законы механики, которые объясняли движения небесных тел, но как это все могло отразиться на жизни фермера, рыболова или ремесленника?

Конечно, еще до середины XVIII века существовали технологические достижения, воздействующие на жизнь обычного человека, и иногда очень глубоко, но эти достижения, как казалось, не имеют никакого отношения к науке. Такие изобретения, как катапульта, морской компас, подкова, порох, книгопечатание, были по своему характеру революционными, но они являлись продуктом изобретательного ума, что не имело ничего общего с мозговой деятельностью ученых (которых в XVIII веке называли «естествоиспытателями», поскольку термин «ученый» тогда не был известен).

Короче, в середине XVIII столетия большинство населения не только не считало науку альтернативой предрассудкам, но и не думало, что

она вообще может иметь какое-то отношение к обычной жизни.

Только в 1752 году начались изменения — и толчком для этого послужила молния.

Природа имеет много грозных проявлений, но наиболее явно против конкретного человека направлено одно — молния. Именно с ее помощью, как считалось, божество карает его смертью.

Людей убивают также войны, болезни и голод, и для истинных верующих все эти напасти являются наказанием за грехи, но эти напасти обрушиваются на многих. От армии завоевателей страдал не только конкретный человек, но также и его друзья и соседи, как и от «черной смерти» (эпидемия чумы, унесшая жизни одной трети населения Западной Европы. — *Примеч. пер.*) и от вызванного засухой голода. Грехи конкретного человека соединялись с огромными грехами всей деревни, области, нации и таким образом как бы становились меньше.

А вот человек, которого ударило молнией, был отдельным грешником, поскольку в его соседей молния не ударяла. Жертва выбиралась высшими силами, после чего ее дом поджигался. Это был куда более наглядный знак гнева божества, чем даже внезапная смерть от апоплексического удара. При апоплексическом ударе причина смерти не видима и может иметь разные причины, а вот в случае с молнией никаких сомнений не было. Божественный гнев низвергался с небес и этим внушал жертве ужас и страх.

Вполне естественно, что в самых известных мифах молния ассоциировалась с богами. У греков Зевс метал молнии, у древних норвежцев молнии были молотом Тора. Если обратиться к

18-му псалму (стиху 14, в частности), то можно обнаружить, что библейский Бог также метал молнии. Джулия Уорд Хоу писала в своем «Боевом гимне республики» (песня во время Гражданской войны в США. — *Примеч. пер.*): «Он вытащит судьбоносную молнию Его ужасной, быстрой сабли».

Но если удар молнии для всех явно являлся оружием, которым сверхъестественное существо проявляло свой гнев, было несколько последствий удара молнии, казавшихся труднообъяснимыми.

Когда молния ударяет, то делает она это чаще в высокие объекты, а не в низкие. Самыми высокими объектами в маленьких европейских городках в начале нашего времени были шпили деревенских церквей. Это означало, что, к большому замешательству священников, наиболее частой целью для молний была сама церковь.

Я читал, что на протяжении более чем тридцати трех лет в Германии XVIII столетия пострадало от молний не менее четырехсот церквей. Более того, поскольку во время шторма колокола звонили, чтобы отвратить гнев Господа, звонари подвергались особому риску и за почти тридцатитрехлетний период было убито 120 из них.

Тем не менее никто, похоже, так и не избавился от убеждения, что молнии являются наказаниями за грехи. До тех пор, пока за изучение молний не взялась наука.

В середине XVIII столетия ученых заинтересовали свойства лейденской банки. Если описать ее коротко, то это устройство, которое могло сохранять значительный электрический заряд, способный сбить человека с ног. Лейденская банка могла накопить столь значительный заряд, что при раз-

ряде через небольшой зазор возникала маленькая искра и раздавался отчетливый характерный звук.

Наверняка многим ученым приходило в голову, что разряд лейденской банки похож на миниатюрную молнию с очень слабым звуком грома. Могло им прийти в голову и то, что земля и небо представляют собой огромную лейденскую банку и что внушительный удар молнии и последующий звук грома — это те же искра и звук разряда, но в большем масштабе.

Но одно дело — думать так, а другое — это доказать. Человеком, который смог доказать, был американец Бенджамин Франклин — человек Возрождения американских колоний.

В июне 1752 года Франклин изготовил воздушного змея: к деревянной раме он привязал металлический прут. От прута отходил длинный отрезок веревки, другой ее конец шел к шнуру, на котором держался воздушный змей. К нижнему концу веревки Франклин прикрепил электрический проводник в виде железного ключа.

По его идее, если в облаках имеется электрический заряд, он пройдет вниз по заостренному металлическому пруту и через намокшую от дождя веревку к железному ключу. Франклин был не глуп, он понимал, что ток может пройти через него самого. Потому он привязал непроводящую шелковую нить к шнуру, на котором держался бумажный змей; сам он держался за эту шелковую нить, а не за шнур. Более того, он оставался в укрытии, чтобы не промокнуть самому и чтобы шелковая нить оставалась сухой. Таким образом он весьма эффективно изолировал себя от возможного удара молнии.

Когда собрались грозовые облака, сильный ветер поднял воздушный змей и скоро унес его в облака. Скоро Франклин заметил, что волоконца

на шнуре растопырились. Это говорило, что на воздушном змее появился заряд.

С огромным мужеством (это была самая опасная часть эксперимента) Франклин поднес кулак к ключу. От ключа к кулаку проскочила искра. Франклин услышал щелчок и почувствовал удар. Это были те же искра, щелчок и удар, которые сотни раз наблюдали в лейденских банках. Тогда Франклин предпринял следующий шаг. Он принес незаряженную лейденскую банку. Поднеся к ключу, зарядил ее небесным электричеством. После этого он обнаружил, что небесное электричество ведет себя совершенно так же, как обыкновенное электричество, полученное обычными земными методами.

Франклин продемонстрировал, что молния — это всего лишь электрический разряд, отличающийся от лейденской банки только величиной.

Это означало, что правила, распространяющиеся на разряд лейденских банок, относятся и к молниям.

Франклин заметил, что электрический разряд происходит быстрее и тише через заостренный конец, чем через тупой. Если к лейденской банке прикрепить иглу, заряд утечет с нее через острый кончик так быстро и бесшумно, что это не вызовет искры и треска.

Тогда это значит, что если заостренный металлический стержень поместить на вершине какого-нибудь строения и надлежащим образом заземлить, то электрический заряд, накапливаемый этим строением во время грозы, тихо разрядит накопившийся в небе заряд, что резко уменьшит вероятность удара молнии и трагических последствий этого.

Франклин изложил свои взгляды на молниеотвод в «Альманахе бедного Ричарда» от 1753 года. Взгляды были столь просты, принцип столь ясен,

времени и материалов требовалось столь мало, а практическая ценность изобретения была столь велика, что молниеотводы почти сразу поднялись над сотнями домов в Филадельфии, затем в Нью-Йорке и Бостоне, а скоро и в Европе.

И это работало! Когда были установлены молниеотводы, удары молний прекратились. В первый раз в истории человечества человек оказался сильнее бича божьего — и не магией, заклинаниями или молитвой, не попыткой идти против законов природы, а наукой, пониманием законов природы и умелым использованием их.

Более того, молниеотвод стал устройством, важным для каждого человека. Это не было какой-то игрушкой ученых, он использовался даже на ангарах для паровозов и на сельских амбарах. Устройство основывалось не на сложной теории, а на простых фактах. Самое важное, что это было не гениальное изобретение какого-нибудь бродячего лудильщика-цыгана, а продукт логического осмысления научных наблюдений. Это был результат науки.

Естественно, сторонники суеверий не уступали свое место без борьбы. Они считали, что поскольку молния является божьей карой, то богохульство — пытаться с ней бороться.

Этому, однако, было легко возразить. Если бы Бог использовал молнии для своей кары, а молнии могут отклониться к куску железа, тогда Бог вовсе не всесилен, а никакой священник этого признать не мог. Кроме того, дождь тоже посылается Богом, а люди используют зонтики — точно так же, как используют теплую одежду, чтобы защититься от посылаемого Богом зимнего ветра.

Великое лисабонское землетрясение 1755 года вызвало временное оживление священников бос-

тонских церквей. Естественно, никто не стал утверждать, что Бог обрушил свою карающую десницу на Лисабон за грехи жителей Бостона. Тем не менее священники выразили в своих молитвах перед прихожанами надежду на то, чтобы божественный гнев был более точен.

Однако главное сопротивление священников заключалось в том, что они не хотели устанавливать молниеотводы на церквях. Это им казалось выражением недоверия Богу или, еще больше, выражением доверия науке, которая, как им казалось, подкрепляла атеизм.

Но результаты этого упрямства оказались печальными. Церковные шпили оставались самыми высокими объектами в городе, и в них продолжали бить молнии. Скоро стало достаточно заметно всем в городе, что не защищенные молниеотводами городские церкви становятся объектами попадания молний во время грозы, а здания с молниеотводами этой участи избегают.

Один за другим, к крайнему недовольству деятелей церкви, молниеотводы стали появляться на церквях. Было хорошо видно, что, когда на шпиль постоянно повреждаемой во время грозы церкви ставился молниеотвод, молнии переставали попадать в эту церковь.

Согласно одной прочитанной мною истории, решающее событие произошло в итальянском городе Брешиа. Церковь Сан-Назарро в этом городе не была защищена молниеотводом — священники ее были столь уверены в своей безопасности, что хранили сотни тонн пороха в подвалах, считая, что более безопасного места не найти.

Но в 1767 году в церковь ударила молния, и порох взорвался с такой силой, что разрушилась шестая часть города и было убито три тысячи человек.

Это было уже слишком. После этого предрассудок был отброшен, и восторжествовал молниеотвод. Каждый новый молниеотвод в церкви становился еще одним свидетельством торжества науки и поражения предрассудков — и все достаточно явно видели эти свидетельства. Любой, кто задумывался над этим, приходил к выводу, что правильная дорога к Богу — это не произношение про себя кем-то изобретенных магических формул, а внимательное изучение законов, управляющих Вселенной.

Хотя победа над молнией была малозаметной, поскольку число убитых молнией было много меньше по сравнению с убитыми в войне и умершими от голода и болезней, она являлась важной. С этого момента предрассудки могли проявлять себя только там, где не было строгих доказательств, — и никогда не выигрывали решающего сражения. (Я использую слово «предрассудки», а не «религия». Этическая и моральная сторона религии не имеет никакого отношения к борьбе священников против молниеотвода или какого-либо другого научного достижения. Следует бороться только с устоявшимися неверными представлениями; можно привести доводы в пользу того, что они наносят вред настоящей религии больше, чем науке или рациональному мышлению. — *Примеч. авт.*)

Вот один пример этого. В 1840-х годах появились первые действительно эффективные анестетики, которые могли устранить боль во время операции; больницы перестали быть наиболее изощренными камерами пыток в истории человечества. В частности, анестезия могла использоваться, чтобы уменьшить боль при родах.

В 1847 году шотландский физик Джеймс Янг Симпсон начал использовать анестезию при родовых схватках у женщин — и немедленно священники принялись выражать свое недовольство и сыпать проклятиями.

То с одного, то с другого амвона звучали грозные напоминания о наказании Евы Господом после того, как она съела яблоко с дерева добра и зла. Священники-мужчины, которых никак не касались родовые боли и смертельные опасности при деторождении, цитировали строки:

«Жене сказал: умножая, умножу скорбь твою в беременности твоей; в болезни будешь рождать детей...» (Книга Бытия, 3: 16).

Нет ничего удивительного, что Симпсон для борьбы со священниками, которые почитали Бога и считали, что именно благодаря его воле миллионы женщин мучаются при родах, решил использовать в качестве контрдовода цитаты из Библии.

Разве первое «деторождение» не относилось к самой Еве, поскольку она была рождена из ребра Адама? А как произошло это деторождение? Оно описано в Книге Бытия (2: 21): «И навел Господь Бог на человека крепкий сон; и когда он уснул, взял одно из ребер его и закрыл то место плотию».

Короче, заявил Симпсон, Бог использовал анестезию.

Честно говоря, на меня эта цитата не произвела впечатления. Ева была создана, когда Адам еще находился в Эдемском саду и не вкусил плодов от древа знания, то есть это было до того, как грех посетил мир. Грех и боль появились в мире только после того, как было съедено яблоко. Таким образом, доводы Симпсона не имеют смысла.

Этот довод не смог побороть предрассудки. Победила приверженцев Библии в данном случае

борьба самих женщин. Они настаивали на анестезии и отказывались мириться с «проклятием», которое применялось только к ним, а не к священникам, почитавшим Бога. Сама королева Виктория согласилась на анестезию во время своих родов — и с тех пор они стали общепринятыми.

Затем наступил 1859 год со знаменитым «Происхождением видов» Чарлза Роберта Дарвина. На этот раз сторонники предрассудков ринулись в свою самую великую битву из всех — и, казалось, перевес был на их стороне. Многие думали, что поле сражения идеально подходило для сторонников старых верований и наука наконец будет разгромлена.

Атаке подверглась теория эволюции путем естественного отбора — теория, которая больно ужалила каждого человека, тщеславно полагавшего, что он создан по подобию Бога.

Новая теория не основывалась на твердо установленных фактах, как, к примеру, на том, что кусок металла может защищать человека от молнии или что пары определенного состава могут уменьшить на какое-то время боль. Напротив, у Дарвина была весьма абстрактная теория, что человек произошел от обезьяны. Теория основывалась на весьма шатком доводе, что человек внешне похож на животных.

Люди могут выступить на стороне науки и против предрассудков для того, чтобы защититься от молний и избавиться от боли, поскольку они получают от этого огромную пользу. Естественно, они будут вести себя совершенно иначе, если им скажут, что по науке они произошли от обезьян, тогда как противники науки утверждают, что человек создан «по подобию Божьему».

Известный член парламента от консерваторов Бенджамин Дизраэли (позднее он стал премьер-министром) выразил в 1864 году суть этого спора так кратко, как только можно выразить его на английском языке: «Человек — обезьяна или ангел? Я сейчас на стороне ангелов».

И кто бы не хотел того же?

Казалось, наука потерпит поражение, поскольку люди просто не захотят быть на ее стороне.

Тем не менее нашлись такие, которые решились пойти на борьбу с рассерженной толпой, — и одним из них был Томас Генри Хаксли, английский биолог-самоучка с большим запасом знаний. Поначалу он был против теории эволюции, но после прочтения «Происхождения видов» он воскликнул: «Почему я об этом не думал?» — и начал пропагандировать новое учение столь яростно, что его прозвали Бульдог Дарвина.

В 1860 году на собрании Британской ассоциации ради продвижения науки в Оксфорде епископ Оксфордский решил «сокрушить Дарвина» в публичных дебатах. Это был Самуэль Уилберфорс, умелый оратор, со столь елейным голосом, что его обычно называли Мыльный Сэм.

Уилберфорс начал свою речь, и на протяжении получаса семьсот человек в переполненной церкви восхищались его красноречием, пока Хаксли молча ждал своей очереди. Когда епископ подошел к концу своей речи, он повернулся к Хаксли и, сменив пафосный тон на сладостный, попросил своего уважаемого оппонента сообщить, кто был той обезьяной в его роду, от которой он произошел, — его дедушка или бабушка.

На это Хаксли пробормотал: «Сам Бог отдал мне его в руки». Он поднялся с места, повернулся к зрителям и с хмурым лицом стал терпеливо ждать, когда стихнет смех.

Затем он произнес: «Поскольку мне задан вопрос — был ли жалкой обезьяной мой дедушка — человек исключительно одаренный, очень состоятельный и влиятельный, о чьих способностях и влиянии сейчас мне приходится напоминать лишь для того, чтобы не допустить осмеяния в серьезной научной дискуссии, — я без колебаний признаю, что являюсь потомком такой «обезьяны».

Редкий спор прекращался столь сокрушительным разгромом — и последняя линия обороны предрассудков была с этого момента обречена на поражение.

Хаксли ясно дал понять, что теперь будут говорить не только грозы Синая, но и наука, и старые ортодоксы со своими придуманными кем-то мифами, вроде мифа о золотом тельце, выглядят нелепыми, как нелепой выглядело неловкое замечание Уилберфорса.

Конечно, битва пока не была выиграна. Дизраэли еще долго продолжал свои сладкоречивые проповеди, и с амвонов на приверженцев Дарвина на протяжении десятилетий метались молнии. Меня самого до сих пор часто делают своей мишенью искренние приверженцы секты свидетелей Иеговы, которые посылают мне одну за другой публикации, призванные доказать бессмысленность теории эволюции.

Но настоящая схватка уже позади. Еще были малозначительные споры за кулисами, был эпизод, когда одно ответственное лицо цитировало астронавтам «Аполлона-8» несколько начальных строф из Книги Бытия, когда они огибали Луну (удивительный пример неуместности), но ни один человек сколько-нибудь видного положения уже больше не пытался отрицать науку.

Но надо заметить, что наука часто несет человечеству и угрозу, как в случае с атомной бомбой, бактериологическим оружием или загрязнением окружающей среды; или когда происходила напрасная трата сил и ресурсов (как многие утверждают) в случае с космическими программами. Но тогда критика часто раздавалась со стороны самих ученых.

Наука — это светская религия наших дней, а ученые являются, если можно так выразиться, новой разновидностью священников. И это началось со дня, когда Бенджамин Франклин запустил свой змей во время грозы в судьбоносный 1752 год.

Глава 15
ГРЕХ УЧЕНОГО

Недавно в журнале для любителей научной фантастики появилась статья, озаглавленная «Азимов и религия». Она написана молодым энтузиастом по имени М.Б. Тепер, и в ней анализируются некоторые из моих рассказов в попытке показать, что в моем творчестве присутствует искреннее религиозное чувство.

Я был этим крайне изумлен, поскольку этого совершенно не заметил. На самом деле я не исполнял никаких ритуалов какой-либо из главных религий и не посещал никаких религиозных учреждений. Я строго придерживаюсь рационализма и склонен отбрасывать все, что не подкрепляется логикой — той логикой, которую я использую.

Однако (и, возможно, именно это может кого-то ввести в заблуждение) я интересуюсь религией с интеллектуальной точки зрения, как я интересуюсь почти всем, — и я знаю довольно много

и о религиях западного мира. Более того, я не вижу ничего предосудительного в рассмотрении определенных вещей с теологической точки зрения, если это придает мысли четкость и краткость.

К примеру, на меня произвело большое впечатление замечание Роберта Оппенгеймера в связи с созданием ядерной бомбы, что «физики познали грех». Я считаю, что Оппенгеймер выразил в этих трех словах свою мысль кратко и очень сильно.

Я хотел бы использовать эти слова в своей книге (чтобы продолжить теологическую тему) и изложить свое мнение по этому вопросу.

В частности, я хочу предложить несколько идей по поводу того, 1) как следует определять понятие «грех» относительно науки; 2) когда наука совершила свой первый грех и 3) можно ли назвать какого-то конкретного ученого первым грешником.

В первую очередь определимся с понятием греха, чтобы лучше узнать значение этого слова. Это религиозный термин. Он обозначает неподчинение указаниям божества; в более широком смысле — это нарушение моральных законов. В этом отношении грех является намного более тяжким преступлением, чем нарушение созданных человеком законов или просто действия вопреки здравому смыслу. Грех намного хуже, чем действия, которые мы называем «преступления», «промахи», «неверные поступки».

Если мы хотим использовать понятие «грех» не в религиозном, а в научном смысле, давайте, по крайней мере, четко очертим его значение. Будем использовать его для серьезных проступков, таких, для которых слово «преступление» будет недостаточным.

Тогда в отношении к науке грех может быть определен как самые худшие действия ученого — именно ученого, а не частного лица.

К примеру, мы можем сказать, что наука — это деятельность ученого по исследованию природы и увеличения (по возможности) человеческих знаний для лучшего понимания Вселенной (включая человека, часть Вселенной). Тогда самое худшее, что может сделать ученый, — это изменить цели науки. Максимальное же зло, которое может принести ученый, — это сознательно внести в науку неправильные теории, которые уменьшают мировой запас знаний.

Но эти случаи мы отбросим, по той причине, что их просто не было. Я не могу припомнить ни одного случая подобного поведения во всей истории науки!

Конечно, было множество ученых, по чьей вине развитие науки задерживалось. Абраам Г. Вернер замедлил развитие геологии из-за своей ошибочной приверженности к нептунизму, несмотря на множество свидетельств против этой теории. Йонс Якоб Берцелиус замедлил развитие органической химии ввиду того, что упорно придерживался неверной теории молекулярной структуры. Из-за небрежности Джорджа Б. Эри задержалось открытие Нептуна.

Во всех этих — и многих других — случаях упоминаемые физики искренне полагали, что идут самым верным путем. Все они стремились увеличивать объем знаний, и все были уверены, что их действия идут во благо. Мы знаем, что они действовали в неверном направлении, только потому, что их заблуждения давно стали ясны.

С высоты сегодняшних знаний легко видеть, как ученые прошлого часто совершали непростительные ошибки, вызванные упрямством, самолю-

бием, старческой раздражительностью или отсутствием воображения. Все это, конечно, плохо, но эти промахи были лишь ошибками — а кто от них свободен? Кто из нас осмелится утверждать, что через сто лет то, в чем он был совершенно уверен, будет считаться столь же разумным и правильным?

Нет, мы не можем полагать, что кто-либо из ученых совершил грех. Поскольку мы всего лишь люди, а не боги, не в нашей власти судить человеческие души.

Давайте отыщем метод, по которому можно судить о грехе в науке каким-то объективным способом, который не был бы связан с личностью ученого. Куда проще определить наносимый вред человеку, чем столь абстрактной вещи, как наука.

Я так думаю. И поскольку с общим развитием науки развивается и наука по нанесению человеку вреда, такие примеры найти легко. Кто будет спорить с утверждением, что использование огня сыграло большую роль в жизни человечества? Но, получив огонь, человек обрел способность поджигать. Каменный топор, пика, лук и стрелы могут быть использованы для того, чтобы убивать дичь; возможно, их создавали именно с этой целью. Если мы не вегетарианцы (а я не вегетарианец), мы вряд ли сможем возражать против появления орудий, которые сделали мясную пищу намного доступней.

И вместе с тем каменный топор, пика, лук и стрела могут быть — и, конечно, были — предназначены для убийства людей.

Порох также создавался не для убийства. Впервые он был изобретен, похоже, китайцами в Средние века для использования только в пиротехнических целях (мы до сих пор используем его в День независимости в Соединенных Штатах, День Гая Фокса в Великобритании и для других праздников

повсеместно). Но в Западной Европе в XIV столетии его стали применять в орудиях.

Таким образом, деятели науки не могут быть ответственны за то, что достижения науки используются во вред человечеству (хотя, конечно, ученые должны делать все, что в их силах, чтобы этого не допустить). Поскольку ученый делает свой вклад ради добра, он вполне вправе надеяться, что этот вклад и будет использован ради добра.

Конечно, ученый способен оценить возможный ущерб и принять решение не обнародовать собственное открытие. Так, итальянский химик Асканио Собреро впервые в 1847 году приготовил нитроглицерин и, ужаснувшись от его взрывной способности, отказался продолжить дальнейшую работу из гуманистических соображений. Альфред Нобель, смешав нитроглицерин и диатомовую землю, получил динамит, что дало человечеству, несмотря на все разрушительное действие нового вещества, крайне полезное средство во многих вполне мирных и созидательных работах.

Взвешивая добро и зло, можно принять неверное решение и прийти к неверным выводам, может, даже совершив преступление, но поскольку в подобных изобретениях есть и возможность применения во благо, я не стал бы использовать это очень сильное слово «грех».

Я бы связал это слово лишь с тем ученым, который изобрел бы что-то, что могло служить только средством разрушения и не могло приносить благо.

Это крайне сужает круг изобретений, и за всю историю человечества, до настоящего времени, я могу припомнить только одно открытие, которое может соответствовать слову «грех».

В VII веке жил химик по имени Каллиникус, бежавший то ли из Сирии, то ли из Египта (мы

не знаем точно) от арабских завоевателей. Ему удалось добраться до Константинополя.

Византийская империя, у которой Константинополь был столицей, рушилась под мощными ударами арабов, воодушевляемых на завоевания новой религией — исламом. В 673 году Константинополь оказался в осаде.

В конце концов арабы смогли взять Константинополь, несмотря на все могущество его стен, поскольку были сильны как на земле, так и на море. В городе начался голод, а дух жителей упал.

И тогда Каллиникус пришел со своим самым примечательным за всю историю войн «секретным оружием». Оно представляло собой смесь, состав которой мы не знаем по сей день (настолько большим это было секретом!), но который, похоже, включал в себя нефть и нитрат калия, так что смесь могла загораться быстро и распространяла большой жар. При соприкосновении с водой смесь реагировала тем, что интенсивно выделяла тепло, так что продолжала гореть даже в воде.

Эта смесь, названная греческим огнем, была пущена по воде в направлении арабского флота. От нее загорелись деревянные корабли, но большее действие оказал вид горящей воды, который ужаснул арабов и вселил в них страх. Морская блокада была снята, а Константинополь спасен.

Греческий огонь был только разрушительным, и я не знаю, как его можно было бы использовать в созидательных целях. Каллиникус, его изобретатель, знал это и сознательно создал свое изобретение в целях разрушения — и только разрушения. Тем не менее Каллиникус, делая это, считал, что защищает христианство, и, я уверен, полагал, что нанесение вреда арабам не является грехом, поскольку только христиане могут по-настоящему считаться людьми.

С тех пор патриотизм неоднократно заставлял ученых совершать грех. «Да, — думали они, — мы нанесем вред, но этот вред будет им для того, чтобы спасти нас, и благо для нас намного превышает ущерб им». Но совершенно ясно, что мы не можем считать это законным аргументом, поскольку, если обе стороны будут думать только так, мы все погибнем.

Для того чтобы изучить вопрос еще детальнее, давайте сделаем следующий шаг.

Как только какой-либо ученый совершает что-то, что чернит только его имя, этот поступок еще не выглядит совсем скверным. Но когда он не только лишается репутации, но и подрывает веру в целое научное направление и во всех ученых... Вот это может быть настоящим грехом.

Но подобный грех вряд ли возможен, если научное направление представляет собой результат работы многих ученых или когда это направление является системой идей, выходящих далеко за свои пределы.

В древности коллективных систем взглядов не существовало. На заре человечества знания о природе добывали гениальные одиночки (к примеру, кто-то изобрел метод извлечения меди из медных руд). Однако распространение знаний было столь медленным, что на это уходило очень много времени, а к тому моменту само имя изобретателя уже забывалось.

И потому в ранних обществах создание навыков и изобретений приписывалось богам. Свои навыки боги дарили людям. Таким образом, использование огня стало не результатом человеческих наблюдений и предметом их гордости за сделанное открытие. Это был просто дар Прометея.

Происхождение того, что мы можем считать светской наукой, можно отнести к Древней Греции VI столетия до нашей эры. Философы из Ионии, начиная с Фалеса, были первыми исследователями природы, которые не объясняли природные явления сверхъестественными силами.

Но греческая наука в последние столетия существования Римской империи стала угасать; после этого началось возрождение богословия. Даже когда наука вновь ожила в раннем Средневековье и начале Нового времени, ей сильно мешали теологические путы, поскольку многое в науке было объявлено греховным.

Роджер Бэкон был в свое время объявлен колдуном, а после его смерти возникли вгоняющие в дрожь легенды. Знаменитая легенда о Фаусте была основана на деятельности реально существовавшего алхимика, который и в самом деле назывался Фаустом.

Деяния алхимиков были не грехами ученых, а грехами «колдунов». Зловещий вид эти люди обрели в легендах не потому, что они творили зло, а потому, что использовали потусторонние силы. Они владели знаниями, которыми человек обладать не должен.

Долгое время на ученых смотрели как на колдунов. Даже в начале 1930-х годов многие из рассказов научной фантастики несли такую идею: «Есть вещи, которые человек знать не должен».

Может, это и так, но в рассказах доказывалось, что поскольку знания не даны свыше, то они вообще должны быть запретными. Это была все та же история про древо познания. А поскольку ученые грешили, то их грех распространялся на все человечество; таким образом, все люди были одинаково грешны.

В предыдущей главе я утверждал, что человечество в основном (по крайней мере, в западном мире) впервые узнало о науке и ученых в истинно нерелигиозном духе (и даже в некоторой оппозиции религии) после 1752 года благодаря молниеотводу Франклина. Только после 1752 года стало возможным говорить о грехе науки с нерелигиозной точки зрения и рассматривать дела, которые могли очернить науку, с научной точки зрения.

Потому о потенциально существующем «научном грехе» можно говорить только с 1752 года. Тогда мы можем отбросить приведенный выше сомнительный случай с греческим огнем и задать себе вопрос: были ли у науки грехи после 1752 года?

Для меня ответ совершенно ясен. Да, были!

На протяжении долгого времени после 1752 года, фактически на протяжении всего XVIII века, наука считалась главной надеждой человечества. Конечно, в то время были разные люди — и те, кто надеялся на прогресс, и те, кто относился к нему со злобой, к примеру противники применения анестезии, теории эволюции или, позднее, наступления промышленной революции, — но наука в целом воспринималась как благо.

Как изменилось положение в наши дни! В народе растет убеждение, что ученые не только занимаются не тем, чем надо, но и действуют во вред.

Существует целая концепция, в рамках которой наука представляется ужасающей. Прогресс в медицине дал стремительный рост населения, развитие технологии приводит к увеличению загрязнения; группа самых лучших физиков, способных вознестись мыслью до небес, дала нам ядерную бомбу и так далее, так далее, так далее.

Но когда пришло разочарование в науке? Могло это произойти, когда какой-нибудь ученый продемонстрировал, что наука несет несомненное зло, по-

казал это зло столь наглядно, что наука предстала в виде, в котором ее развитие стало неоправданным?

Что эта была за наука, которая совершила столь тяжкий грех, и что это был за ученый?

Ответ простой: это все, что относится к атомной бомбе. Именно относительно нее Оппенгеймер сделал свое замечание о грехе.

Но на это я возражу. Конечно, ядерная бомба — вещь ужасная; она крайне уменьшила безопасность человечества и доверие людей к науке, но создание ядерной бомбы никоим образом нельзя назвать грехом в чистом виде.

Для того чтобы разработать ядерную бомбу, физикам пришлось значительно расширить познания в ядерной физике. В результате были открыты радиоизотопы — дешевое средство, которое позволило производить теоретические и прикладные исследования в сотнях направлений, что привело к продуктивным результатам. Появились атомные станции, которые принесли человечеству огромную пользу, и другие нужные человеку вещи. Даже сама бомба может быть использована в созидательных целях (как движущая сила для космических кораблей, к примеру). А ракеты, которые могли нести водородную бомбу, могли нести вместо нее и космические корабли.

Кроме того, даже если вы возразите, что разработка атомной бомбы действительно была грехом, я напомню, что она не была первым грехом. Недоверие к науке появилось раньше атомной бомбы, бомба только усилила его, но отнюдь не была первопричиной.

Я вижу такое недоверие в впервые поставленной в 1921 году пьесе «R. U. R.» Карела Чапека.

Он словно воскресил старую историю о Франкенштейне. Первоначальный «Франкенштейн» появился столетием раньше, в 1818-м, и был скорее

одним из последних «грехов» теологии, чем грехом науки. Как некогда Фауст, ученый использует запретные знания и оскорбляет самого Бога. Чудовище, которое в конце убивает Франкенштейна, как легко можно понять, является инструментом божьей кары.

В пьесе «R. U. R.», однако, теологические мотивы уже исчезли. Роботы созданы из чисто научных соображений, без какого-либо привкуса «запретного плода». Роботы — это орудия, призванные действовать во благо человеку, подобно таким изобретениям, как телефон или телеграф. Но это орудие отбивается от рук и в конце пьесы уничтожает человечество.

Наука может отбиться от рук!

Пьеса имела успех во многих странах и подарила слово «робот» миру и научной фантастике, так что ее мысль о науке, отбивающейся от рук, смогла дойти до многих и получила сочувственный отклик.

Почему же люди с такой готовностью в 1921 году приняли мысль, что наука может отбиться от рук и принести зло всему человеческому роду, тогда как всего за несколько лет до того наука казалась чистой, способной воплотить в жизнь самые утопические проекты?

Что же произошло непосредственно перед 1921 годом? Непосредственно перед 1921 годом была Первая мировая война.

Вторая мировая война была более масштабной и оказалась смертоноснее, чем Первая мировая, но, если разобраться в этом вопросе подробнее, она была намного бессмысленней.

Были совершены колоссальные ошибки в начале войны. Возможно, когда-то кто-то нажмет

неправильную кнопку — в приступе страха или по ошибке — и уничтожит мир; но никогда не повторится та глупость военных руководителей Второй мировой войны, которая продолжалась на протяжении недель, месяцев и лет. По способности упорно совершать ошибки за ошибками эти люди навсегда останутся недосягаемыми.

Под Верденом погибло миллион с лишним человек. Шестьдесят тысяч английских солдат погибло в один только день при Сомме, когда генералы решили проложить дорогу из мертвых тел через вражеские траншеи.

В этой бойне было ужасно все, но разве имелось что-либо от науки в этом душераздирающем спектакле взаимного самоубийства? Были применены новые взрывчатые вещества, используемые в беспрецедентных количествах? Были новыми по замыслу пулеметы или танки? Нет, это было лишь развитие старых технических устройств. Можно ли считать каким-то страшным оружием применяющиеся в этом сражении аэропланы? Конечно же нет! Аэропланы до войны вовсе не были страшным оружием, ими восхищались, и у них определенно имелся огромный мирный потенциал.

Нет, нет и нет! Но если вы хотите, чтобы я привел пример научного достижения, которое имело только военное применение, то такой пример есть.

22 апреля 1915 года под Ипром, на участке, удерживаемом канадскими подразделениями, по направлению к линии союзников двинулось два желто-зеленых облака.

Это был ядовитый газ — хлор. Когда облака накрыли траншеи союзников, солдаты покинули их. Они бежали с поля боя. Им пришлось сделать

это, и на фронте появилась брешь пять миль шириной.

Никогда раньше на Западном фронте не было бреши такого размера, но немцы не воспользовались этой возможностью по одной простой причине: они не были уверены, что их новое средство и в самом деле сработает, даже несмотря на то, что эксперименты с газом уже были проведены в меньших масштабах против русских. Была и другая причина: они сами боялись идти вперед, пока облака не рассеятся.

Канадцы смогли собраться вновь, и, после того как облака рассеялись, линия фронта была восстановлена. К моменту следующей газовой атаки они использовали маски.

Именно таким был тот пример времен Первой мировой войны, поскольку перед войной существовали другие ядовитые газы, намного более ужасные, чем использовавшийся обеими сторонами относительно безобидный хлор.

Угроза отравляющих веществ была ужасной, их применение коварно, а неготовые к этому жертвы просто беззащитны. Кроме того, сама мысль лишить человека способности дышать — самой насущной его потребности — просто ужасала. Все это привело к тому, что после Первой мировой войны газовая война была запрещена.

На протяжении всей Второй мировой войны ядовитый газ не использовался, несмотря на предложения по его применению, и во всех войнах с этого времени применение даже слезоточивого газа вызывало решительные возражения. Военные неутомимо пытались доказать, что отравляющий газ на самом деле гуманен, что он часто позволяет достигнуть успеха, не убивая и даже не причиняя ущерба, ведь он не калечит, как пули или осколки. Тем не менее люди не могли допустить

мысли, что кого-то можно лишать возможности дышать. Снаряды и пули могут попасть мимо цели, от них можно скрыться. Но как уберечься от крадущегося к тебе газа?

Но была ли возможность мирного применения отравляющего газа? Нет, у него было только одно использование: нанести вред, вывести человека из строя или убить. Никакого другого использования быть не могло. Когда Первая мировая война завершилась и союзники обнаружили, что осталось много тонн ядовитого газа, то они стали думать: можно ли как-то использовать этот газ? Ответ был простой: никак. Ядовитый газ нужно было похоронить в море или избавиться от него еще каким-нибудь образом. Было ли с появлением отравляющего газа достигнуто какое-либо знание? Конечно нет!

Война с использованием отравляющего газа была сознательно разработана ученым, который стремился лишь к уничтожению. Единственным извинением этому поступку может служить только патриотизм, но является ли оно достаточным для прощения? Известно, что во время Крымской войны 1853—1856 годов британское правительство поставило перед Майклом Фарадеем, величайшим из живших тогда ученых, два вопроса. Первый: возможно ли создание отравляющего газа в количествах, достаточных для использования на поле боя? Второй: может ли Фарадей возглавить работы по выполнению этой задачи?

Фарадей ответил решительным «да» на первый вопрос и категоричным «нет» на второй. Он не считал, что патриотизм может служить оправданием. Во время Второй мировой войны Эрнст Резерфорд из Великобритании отказался принимать участие в военных разработках, считая, что его исследования важнее.

Однако во имя немецкого патриотизма во время Первой мировой началось применение боевых отравляющих веществ, — и эти отравляющие вещества стали результатом применения науки. Никто этого не может отрицать. Отравляющий газ был создан учеными-химиками Германской империи. И этот газ не только отравил тысячи людей, но и запятнал само имя науки. В первый раз за ее историю миллионы людей осознали, что наука может принести чудовищное зло, после этого наука так и не смогла восстановить свое незапятнанное имя.

Отравляющий газ стал грехом ученых.

А можем ли мы назвать этих ученых?

Да. Это был Фриц Габер, искренний немецкий патриот, но патриот редкого типа, который считал все методы хорошими, если они принесут пользу (как он ее понимал) фатерланду (к сожалению, такой способ мышления присущ слишком большому числу людей всех стран, а не только Германии).

Габер разработал процесс, названный его именем, который позволял получать аммиак, связывая азот из воздуха. Аммиак мог быть использован для изготовления взрывчатых веществ. Если бы этот процесс не был изобретен, немцы израсходовали бы все свои боеприпасы к 1916 году ввиду английской блокады. Получив этот процесс, Германия потеряла запасы продовольствия, солдат и боевой дух, но не взрывчатые вещества. Однако это мы не можем квалифицировать как научный грех, поскольку процесс Габера может быть использован для изготовления полезных взрывчатых веществ и удобрений.

Но во время войны Габер безостановочно работал, чтобы создать методы производства отравляющего газа в больших количествах, и он лично наблюдал за первой атакой с применением хлора.

За такую преданность он получил награду, но как иронично она выглядела! В 1933 году к власти в Германии пришел Гитлер, а так случилось, что Габер был евреем. Ему пришлось покинуть страну — и не прошло и года, как он скончался.

То, что ему удалось благополучно покинуть Германию, отчасти произошло потому, что он работал на Резерфорда, который буквально сдвигал горы, чтобы спасти как можно больше немецких ученых от рук немецких же психопатов. Резерфорд лично встречал всех, кто достигал берегов Англии, и жал им руки в знак братства ученых всего мира.

Габеру он руки не протянул.

Я могу только надеяться, что Резерфорд не протянул руку не из национального патриотизма, а из презрения к ученому, который, зная, что совершает научный грех, все же пошел на это.

Даже в наши дни мы все еще можем провести четкую грань. Тех ученых, кто разработал атомные бомбы и ракетные технологии, сейчас вовсе не осуждают. Некоторые из них терзались мучительными размышлениями, но они знали, что их работа может служить во благо, если только все мы будем достаточно разумны. Даже Эдвард Теллер, хотя и является отцом водородной бомбы, заслуживает прощения, поскольку в один прекрасный день его работа может дать полезную энергию благодаря реакции синтеза.

Но что можно сказать о неизвестных нам засекреченных исследователях, которые в разных странах работают над нервно-паралитическими газами или над бактериологическим оружием? Для кого они могут быть героями?

Оправдано ли использование тонн нервно-паралитического газа в целях созидания? Какое полезное применение можно представить для бацилл чумы в бесчисленных контейнерах?

К работам этих ученых, несомненно, правомочно отнести слово «грех», причем бессчетное число раз, — и по их вине, если снова переходить на теологическое значение этого слова, оно применимо ко всему человечеству.

Замечание.

После того как я написал эту главу и опубликовал ее в журнале, я получил письмо от одного армейского офицера, который работает над бактериологическим оружием. Ему очень не понравились три последних абзаца. Он назвал три полезных применения ядовитого газа, к примеру хлорирование используется для очищения питьевой воды.

Однако это изобретение могло появиться и без изготовления ядовитого газа целыми цистернами. Какую пользу несет производство газа в столь большом количестве? (Хлор оказывает довольно слабое действие по сравнению с отравляющими веществами, которые использовались после 1915 года; их мирное применение базируется на знаниях, полученных до войны, а не во время исследования действия на человека отравляющих веществ.)

Хочу также сказать, что уже после того, как я написал эту статью, президент — а им был тогда Ричард М. Никсон (известный своим пламенным либерализмом) — объявил, что Соединенные Штаты отказываются от бактериологической войны и не будут вести ее ни при каких обстоятельствах. И чтобы привести господина Никсона к такому реше-

нию, биологическая война должна действительно выглядеть ужасающей и не иметь совершенно никаких положительных сторон.

И потому я твердо верю в то, что написал, и жалею лишь о том, что не смог выразить свою мысль сильнее. Я очень хотел бы думать, что господин Никсон принял свое решение благодаря моему мнению, которое он прочитал или услышал мимоходом.

Глава 16
СИЛА ПРОГРЕССА

Когда я пишу эти строки (а пишу я большую часть своего времени), нахожусь в мансарде пригородного домика для среднего класса — довольно скромного, но достаточно комфортабельного.

Я легко могу оплатить этот дом, как мог оплатить и предыдущие, и при известной удаче всегда буду способен оплатить, потому что получаю много денег за тот труд, который мне больше всего нравится. Мои потребности не очень велики, поскольку мне достаточно иметь работающую электрическую машинку и постоянный запас чистой бумаги. Все, что мне требуется, у меня есть, или я способен это приобрести.

У меня нет начальника и нет подчиненных, так что я сам себе хозяин. Мои редакторы столь уважают (и всегда уважали) мой стиль, что никогда со мной не спорят. У меня нет проблем с властями, и (при известной удаче) у меня их никогда не будет.

Короче, я живу, погруженный в свой труд и работая в свое удовольствие, в самой богатой стране мира, в то время, когда эта нация достигла пика своего могущества.

Но к сожалению, окружающее спокойствие — это только иллюзия, и я прекрасно вижу истинное положение вещей. Мой островок комфорта — всего лишь пузырек в потоке, что летит вниз с горы к полной катастрофе. И я не вижу ничего, что могло бы стоять на его пути; могу только наблюдать в безмолвном ужасе.

Суть грядущей катастрофы можно выразить единственным словом: перенаселение.

Очень много людей говорят о взрыве народонаселения, но они редко уточняют, что имеют в виду, и потому все их стоны наталкиваются на равнодушие. Ведь население всегда увеличивалось, а жизненные стандарты всегда шли вверх — разве не так?

Кроме того, большее число рабочих рук и большее число умных голов означает увеличение производства и количества изобретений и, таким образом, больший прогресс. Миллион человек может сделать больше, чем сто, и их объединенные способности сделают больше блага, чем добавят проблем от того, что на свете будет жить не сто человек, а миллион.

Это можно доказать цифрами. Население Земли в 1969 году оценивалось в 3500 миллионов человек, что больше, чем когда-либо в истории. Тем не менее общий стандарт жизни на Земле в 1969 году был выше, чем когда-либо ранее. Конечно, существуют сотни миллионов человек, кто постоянно голоден, сотни миллионов забитых, запуганных и порабощенных, но в прошлом положение людей было куда хуже.

Тогда о чем мы волнуемся? Почему мы боимся, что рост населения не будет сопровождаться ростом уровня жизни?

Этот вопрос напоминает мне анекдот о человеке, который упал с Эмпайр-Стейт-Билдинг (одно время самое высокое здание США. — *Примеч. пер.*). Когда он пролетал мимо десятого этажа, все услышали, что он пробормотал: «Неплохо — я пролетел уже девяносто этажей, и ничего со мной не случилось».

Давайте взглянем на историю роста населения Земли, попытавшись привлечь, по возможности, самые точные цифры.

Экологи считают, что до появления сельского хозяйства получение пищи путем охоты, рыбной ловли, собирательства орехов и плодов диких деревьев и так далее не могло прокормить более 20 миллионов человек и что, по всей вероятности, в каменном веке действительное население никогда не составляло более трети этой величины.

Это означает, что в 6000 году до н. э. население планеты не могло превышать 6—10 миллионов человек, то есть примерно составляло население Нью-Йорка, Шанхая и Токио наших дней. (Когда была открыта Америка, питавшиеся собирательством индейцы, которые занимали территорию современных Соединенных Штатов, насчитывали всего 250 тысяч человек, что равно населению Дейтона, штат Огайо, распределенного по всей стране.)

Первый резкий скачок народонаселения планеты произошел с появлением сельского хозяйства, когда речные цивилизации Нила, Инда и междуречья Тигра и Евфрата начали посредством ирригации выращивать съедобные растения и злаки. Благодаря этому плотность населения в этих районах резко увеличилась.

Население планеты росло параллельно освоению новых земледельческих площадей. К началу

бронзового века народонаселение, по всей видимости, составляло 25 миллионов; к началу железного века — 70 миллионов.

К началу христианской эры мировое народонаселение, по всей видимости, насчитывало примерно 150 миллионов, причем треть этого числа находилась в Римской империи, другая треть — в китайской империи и треть была распределена по оставшемуся миру.

Падение Римской империи привело к некоторому уменьшению населения на ее территории, особенно в Западной Европе, но вряд ли оно было значительным. К 1000 году были изобретены лошадиные подковы, хомуты и железные плуги, изготовлявшиеся при помощи литья в форму. Это сделало использование лошадей намного эффективней, что позволило очистить и использовать для земледелия холодные сырые земли Северо-Западной Европы. К 1600 году мировое народонаселение дошло до 500 миллионов.

Географические открытия позволили европейцам получить 18 миллионов квадратных миль новых земель в Северной и Южной Америке и прочих местах. Промышленная революция механизировала сельский труд, так что отношение сельского и несельского населения начало меняться. Сельское хозяйство давало все больше и больше продукции на один акр возделываемых земель. К 1800 году мировое народонаселение составило 1600 миллионов, к 1900 году на планете было уже 1600 миллионов, к 1950 году — 250 миллионов, а в 1969 году, как уже говорилось, — 3500 миллионов.

Глядя на эти цифры, давайте попытаемся оценить продолжительность времени, которое требуется для удвоения населения Земли.

Вплоть до 100 года н. э. население Земли удваивалось в среднем каждые 1400 лет. Это исклю-

чительно медленно. Если семейная пара имеет всего четверых детей и после того, как те становятся взрослыми, немедленно умирает, население Земли будет убывать всего за поколение — примерно за тридцать лет. Однако большинство детей в те времена не доживали до пяти лет, а совершеннолетия и вовсе достигали немногие — и даже из них редким счастливчикам удавалось отпраздновать тридцатилетие. Жизнь была тяжела и трудна, а смерть ходила поблизости.

В мировой литературе есть много строк о быстротечности жизни, но в наши дни мы либо не читаем эти строки, либо неправильно их понимаем.

В «Илиаде» Гомер говорит о Несторе, который «пережил два поколения своих подданных и правит третьим». Мы, естественно, думаем о нем как об очень старом человеке, но мы ошибаемся. Ему, по всей видимости, около шестидесяти, но в его царстве это возраст достаточный, чтобы он правил внуками тех, с кем родился и кто уже был похоронен.

Наиболее ранними обществами управляли разного рода старейшины. У римлян был сенат — это слово произошло от латинского слова, означающего «старый», так что сенатор — это римский старейшина. Но не могли же управлять страной те, у кого наверняка начался старческий маразм?

Не могли! В ранних обществах любой, кому перевалило за тридцать пять, был старейшиной. Любопытно в этой связи вспомнить, что участие в нашем «совете старейшин», сенате Соединенных Штатов, требует минимального возраста тридцать лет. Отцы-основатели, создавшие в 1787 году конституцию, видимо, основывались на своем возрасте. Если бы они приступили к сочинению консти-

туции сейчас, наверняка возраст был бы не меньше сорока лет.

Даже во времена Шекспира представление о пожилом возрасте отличалось от современного. «Ричард II» начинается с удивительных строк: «Мой добрый Гант, Ланкастер престарелый» (перевод М. Донского. — *Примеч. пер.*) — и из-за этих строк во всех пьесах Ганта играет человек, которому на вид лет 150 и который может лишь кое-как ковылять по сцене. На самом же деле во времена, когда эту пьесу только начали играть, «добрый Ланкастер престарелый» имел возраст всего пятьдесят лет.

Вы можете подумать, что Шекспир сделал эту ремарку случайно. Тогда я приведу другой пример: в «Короле Лире» граф Кент описывает себя таким образом: «За горбом у меня сорок восемь лет» (перевод М. Кузмина. — *Примеч. пер.*), но, несмотря на этот нестарый для нас возраст, позднее в шекспировской пьесе Кента называют «старым грубияном».

Легко понять, почему первое повеление божества человечеству, записанное в Библии, выглядит как: «...плодитесь, и размножайтесь, и наполняйте землю...» (Книга Бытия, 1: 28).

Если в тяжелых условиях, что существовали в древности, человек не плодился бы с большой интенсивностью, он не сумел бы размножаться. Только произведя столь много детей, сколько он был способен, человек мог надеяться, что кто-то из них проживет достаточно долго, чтобы иметь собственных детей.

Но времена изменились! Теперь земля плодородна, и сейчас нет необходимости иметь очень много детей в надежде, что кто-нибудь выживет. Те, кто принимает слова Библии буквально, не понимая, что они относились к определенным ус-

ловиям, и кто считает, что они пригодны и в любое другое время, наносят обществу колоссальный вред. Если говорить религиозным языком, то они выполняют работу дьявола. Поскольку условия жизни улучшились и уровень смертности понизился, а продолжительность жизни возросла, то время, требуемое для удвоения населения Земли, уменьшилось. Ниже приводятся оценки «времени удвоения» на различных стадиях истории:

до 100 года н. э.	1400 лет
100 – 1600 годы н. э.	900 лет
1600 – 1800 годы н. э.	250 лет
1800 – 1900 годы н. э.	90 лет
1900 – 1950 годы н. э.	75 лет
1950 – 1969 годы н. э.	47 лет

Отсюда можно видеть, что страшно не столько то, что население растет, а то, что растет скорость этого роста. Именно это и делает положение угрожающим. И эта скорость выше всего там, где ситуация наиболее опасна. На Филиппинском архипелаге время увеличения роста населения в настоящее время обещает удвоение через 22 года.

Это уменьшение скорости удвоения возникло из-за резкого уменьшения смертности. Хотя число рождений сократилось, этого оказалось недостаточно, чтобы компенсировать уменьшение смертности, причем сокращение числа рождений меньше всего относится к самым «малоразвитым» областям Земли.

Что мы можем сейчас сделать?

Для того чтобы принять какое-нибудь решение, давайте проясним одну вещь. Сложившаяся ситуация не может продолжаться бесконечно. Причем

надо принимать меры уже не против роста скорости удвоения населения. Положение вещей еще хуже. Даже существующая скорость удвоения населения является чрезмерной.

Конечно, есть оптимисты (я бы назвал их в данном случае не оптимистами, а ненормальными), которые полагают, что, как только мы покончим с войнами, установим всеобщий мир и продвинем вперед науку, мы сможем справиться с увеличением населения. Нужно только поставить сельское хозяйство на научную основу, разумно использовать удобрения, наладить эффективное получение из океанских глубин пищи, пресной воды и минералов, научиться управлять энергией термоядерного синтеза, использовать энергию Солнца — и тогда мы сможем поддерживать высокий жизненный уровень у намного большего населения, чем существующее сейчас. Я читал утверждения, что Земля, если воплотить на ней все проекты, сможет обеспечить комфортное существование 50 миллиардов человек.

Но допустим, что на Земле живет 50 миллиардов человек. Как при этом возрастет загрязнение окружающей среды? Разве не потребуется при этом принимать меры по ограничению рождаемости? Другими словами, самые большие оптимисты не могут отрицать необходимость контроля за рождаемостью — они просто говорят: «Не сейчас!»

Похоже, что оптимисты считают время, когда на Земле будет проживать 50 миллиардов (или какое бы число они ни назвали) человек, столь отдаленным, что сейчас нам нет нужды волноваться. А есть и такие оптимисты, которые считают, что по достижении цифры в 50 миллиардов дальнейший прогресс науки сделает возможным прокормить еще большее число, — и так до неопределенного будущего.

Все эти оптимисты не знают, что такое закон геометрической прогрессии. Впрочем, его хорошо знают немногие. Давайте посмотрим, как работает этот закон.

Поскольку население Земли составляет 3,5 миллиарда людей и это население в настоящее время удваивается каждые сорок семь лет, мы можем использовать следующее уравнение:

$$(3\ 500\ 000\ 000)2^{x/47} = y \text{ (уравнение 1)}.$$

Параметр x дает нам число лет, которое требуется для получения населения в количестве y, при условии, что скорость удвоения останется совершенно неизменной. Решив уравнение 1 для x, получим:

$$x = 156(\log y - 9{,}54) \text{ (уравнение 2)}.$$

Теперь спросим себя: через какое время на Земле будет население 50 миллиардов человек, которое, как считают оптимисты, можно прокормить, если воплотить необходимые проекты?

Примем y за 50 000 000 000, тогда $\log y$ будет 10,7, а x равен 182 годам.

Другими словами, если скорость удвоения останется такой же, как сейчас, мы получим население планеты в 50 миллиардов к 2151 году.

Требуется невероятный оптимизм, чтобы предположить, что за период времени, равный промежутку между нашим временем и временем принятия американской конституции (шесть поколений), мы сможем ликвидировать войны и воплотить на Земле что-то вроде утопии, которая сможет дать всему населению достаточно комфортные условия.

Скорее всего, в то время мы будем много ближе к колоссальной катастрофе, поскольку при 3,5 миллиарда справиться с трудностями легче,

чем при 50 миллиардах. А что, если население будет продолжать расти даже после 50-миллиардной отметки? Можем ли мы и в этом случае надеяться на науку, которая сможет обеспечить дополнительное население? Как долго может продолжаться рост в обозримом будущем?

Давайте постараемся ответить на эти вопросы...

Остров Манхэттен занимает площадь в 22 квадратные мили и имеет население 1750 тысяч. В начале рабочего дня, когда люди приезжают в Манхэттен с прилегающих территорий, число здешних обитателей возрастает до 2200 тысяч человек и плотность населения достигает 100 тысяч человек на квадратную милю.

Предположим, что вся Земля имеет такую же плотность населения, как Манхэттен во время ленча. Пусть с этой плотностью покрыта людьми и пустыня Сахара, и Гималаи, и Гренландия, и Антарктика, и все прочее. Предположим, что мы набросили доски на все океаны и что на всех этих досках тоже стоят люди с той же плотностью, что и на Манхэттене во время ленча.

Общая поверхность Земли составляет 200 миллионов квадратных миль. Если вся эта поверхность была бы населена с той же плотностью, как Манхэттен, это дало бы 20 000 000 000 000, или 20 триллионов. Теперь посчитаем, когда будет достигнута эта цифра.

Из уравнения 2 видно, что цифра поразительно мала — всего 585 лет. К 2554 году, если сохранится существующая скорость роста, поверхность Земли станет одним огромным Манхэттеном.

Конечно, читатель может возразить, что такие расчеты слишком упрощенны. Верно, я, в конце концов, всего лишь писатель научной фантастики,

и я лучше разбираюсь в космических путешествиях. Определенно к 2554 году люди будут летать по всей Солнечной системе и, таким образом, смогут заселять планеты, что позволит поглотить некоторый избыток населения Земли.

Но должен с сожалением сказать, что этого будет недостаточно. В следующие 47 лет нам придется переселить 3,5 миллиарда человек на Луну, Марс и другие планеты, чтобы только сохранить существующее ныне положение вещей. Есть кто-либо, кто считает, что подобное возможно в ближайшие 47 лет? Верит ли кто-либо из читателей, что Луну, Марс или любые другие доступные планеты можно будет заселить 3,5 миллиарда человек и обеспечить их всем необходимым за следующие 47 лет, даже если нам удастся добраться до этих планет?

Пойдем дальше. В нашей Галактике примерно 135 000 000 000 звезд. Некоторые из них могут иметь обитаемые планеты, где человек сможет жить.

Конечно, мы не в состоянии достичь этих планет ни в наши дни, ни в обозримом будущем, но предположим, что такая возможность появится. Пусть, только щелкнув пальцами и не затратив более никакой энергии, мы сможем немедленно перенестись на любую планету. Предположим также, что в нашей Галактике есть огромное число обитаемых планет. Допустим, у каждой звезды будет по десятку таких планет. Тогда в Галактике мы сможем располагать 1 350 000 000 000 обитаемыми планетами.

Далее предположим, что все это верно для любой другой галактики и что (по некоторым оценкам) существует сотни миллиардов таких галактик. Это означает, что всего есть 135 000 000 000 000 000 000 000 планет.

Пусть мы своей волшебной способностью перемещать людей сможем перенести всех, причем на планетах будет та же плотность населения, как на Манхэттене. Тогда общее население Вселенной составит 2 700 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000, или 2,7 триллиона триллионов триллионов.

И сколько времени потребуется для того, чтобы было достигнуто такое количество населения? Когда мы говорим о триллионах триллионов триллионов, может показаться, что пройдет много миллионов лет, чтобы Вселенная достигла такого количества народа. Если вы так думаете, значит, вы все еще не понимаете, что такое геометрическая прогрессия.

С существующей скоростью роста населения пройдет только 4200 лет, чтобы достичь цифры в 2,7 триллиона триллионов триллионов. К 6170 году мы заполним Вселенную народом от края до края. Каждая звезда в каждой галактике будет иметь по десять планет, населенных с такой плотностью, какая сейчас наблюдается в Манхэттене в час пик.

Вы думаете, что я преувеличиваю? Тогда предположим, что человеческая наука найдет способ превратить в пищу всю Вселенную и черпать энергию из гиперпространства. Сколько займет времени, чтобы вся масса известной нам Вселенной смогла превратиться в человеческую плоть и кровь? Солнце имеет массу в 4,4 миллиона триллионов триллионов фунтов. Оценим средний вес человека в 110 фунтов — тогда вы легко найдете, что если бы Солнце превратилось в людей, то оно составило бы население в 40 000 триллионов триллионов.

Умножьте это на 135 миллиардов для того, чтобы определить, во сколько людей можно пре-

вратить звезды Галактики. Потом умножьте это число на 100 миллиардов, чтобы превратить в людей все галактики. Умножьте это еще на 100, чтобы учесть все обломки и космическую пыль, которые существуют в галактике. Общая масса Вселенной, превращенная в людей, составит население 54 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000, или 54 000 триллионов триллионов триллионов триллионов.

Сколько потребуется времени, чтобы достичь этой цифры? Сейчас вы уже вряд ли питаете большие иллюзии. Это составит 6700 лет. К 8700 году возможности Вселенной иссякнут, и надежд больше не останется.

Другими словами, наука не способна поддержать уровень населения на протяжении долгого времени, несмотря на весь ее прогресс.

Становится абсолютно ясно, что мы не должны спокойно смотреть, как увеличивается население с существующей сейчас скоростью, даже в случае, если возникнет возможность переселяться на другие планеты. Думаю, читатель согласится, что было бы чересчур оптимистично рассчитывать, что можно превратить Землю в один большой Манхэттен. Это означает, что мы имеем предел роста, и он наступит в 2554 году. Нам осталось только немногим больше пяти с половиной столетий.

И меры, которые замедлят рост народонаселения или совершенно его прекратят, должны быть предприняты до 2554 года. Я намеренно не написал «меры следует предпринять», «меры можно предпринять» или «меры нужно предпринять». Я совершенно сознательно сказал «должны быть предприняты».

Но есть ли у нас и это время? Что значит планета, полностью превращенная в Манхэттен?

Общая масса живых объектов на Земле оценивается в 20 триллионов тонн, в то время как масса существующего в настоящий момент на Земле человечества составляет $^{1}/_{100000}$ общей массы жизни на Земле. Это весьма много для одного вида.

Жизнь на Земле поддерживается в основном за счет фотосинтеза растений (при некоторых малозначительных исключениях в мире бактерий). Животные могут существовать только за счет химической энергии (пищи), полученной растениями из солнечной энергии. Даже те животные, которые едят других животных, поддерживают свое существование за счет растений, съеденных этими животными. Сколь бы длинной эта цепочка ни была, в конце концов она оканчивается растениями.

Считается, что в этой цепочке общая масса тех, кто ест, должна составлять одну десятую массы тех, кого едят, чтобы и первые и вторые сохраняли свои популяции на постоянном уровне. Это означает, что масса всех животных должна составлять 2 триллиона тонн; масса человечества является $^{1}/_{10000}$ частью этой величины.

Поскольку излучение от Солнца постоянно, как постоянна и эффективность фотосинтеза, то общая масса животных на Земле увеличиться не может. Каждый раз, когда человеческое население увеличивается в массе на одну тонну, масса животного мира должна уменьшаться на одну тонну, чтобы освободить ей место.

Тогда сколько времени пройдет до того момента, когда человеческое народонаселение возрастет до такой величины, когда масса животных будет на пределе удовлетворения потребностей человека в пище? Ответ — 624 года. Другими слова-

ми, ко времени, когда вся Земля станет одним огромным Манхэттеном, нам придется истребить всех животных. Исчезнет и вся оставшаяся дикая жизнь. Вся рыба в океане, все птицы в небе, все черви под землей, даже все наши домашние животные, от лошадей и скота до котов, собак и длиннохвостых попугаев исчезнут, принесенные в жертву человеческому существованию.

Более того, исчезновение животных — только часть грядущей трагедии. Всю растительную жизнь придется превратить в пищу, оставив как можно меньше несъедобных растений. В тот день, когда Земля превратится в один большой Манхэттен — одно большое всепланетное здание для офисов, — единственными отличными от человека живыми существами будут морские водоросли в воде на крышах этого здания.

Теоретически мы можем научиться использовать солнечную энергию и преобразовывать ее в синтетическую пищу, не выращивая растений, но как вы думаете, можно ли вырабатывать эту пищу на уровне, необходимом для поддержания жизни 20 триллионов человек на протяжении следующих пяти-шести столетий? Я в такой возможности сомневаюсь.

Надо также сказать, что проблема состоит не только в пище. Вспомним о природных ресурсах. При населении в 3,5 миллиарда человек и с современным уровнем технологии мы загрязняем почву, рассеиваем минералы, вырубаем леса и потребляем невосполнимые запасы нефти и угля с ужасающей быстротой. Вспомните, что, когда население возрастает, уровень технологии и, таким образом, потребление ресурсов возрастает даже быстрее.

Вспомним еще и о загрязнении окружающей среды. При существующем населении в 3,5 миллиар-

да человек и существующем уровне технологии мы отравляем землю, море и воздух до опасного предела. Что мы будем делать с загрязнением окружающей среды, когда население увеличится до 14 миллиардов?

Возможно, все перечисленные проблемы как-то удастся решить, если мы не позволим им стать серьезнее, но и в этом случае решить будет очень трудно. Как можно справиться с этими проблемами, если использование ресурсов и выброс использованных материалов становится все больше с каждым днем?

Наконец, нужно подумать о качестве жизни. Можем ли мы обеспечить себе достойное существование среди толп народа и машин на каждой дороге, каждой улице, в каждом здании, на каждом участке Земли? Перенаселение приведет к тому, что между людьми исчезнет необходимая дистанция, исчезнет частная жизнь, возрастут раздоры и взаимная ненависть — и эта враждебность будет тем больше, чем больше будет увеличиваться народонаселение.

Нет, если суммировать все вышесказанное, я не вижу причин, по которым человечеству следует возрастать с прежней скоростью даже на протяжении одного-единственного поколения. Мы должны достигнуть предела народонаселения в первых десятилетиях XXI века.

И я уверен, что мы достигнем этого тем или другим путем. Если мы не будем делать ничего, а предоставим событиям развиваться бесконтрольно, рост населения будет остановлен ростом смертей из-за войн или внутренних потрясений, которые ухудшат отношения между людьми и принесут чувство отчаяния. Рост населения вызовет распространение эпидемий, техногенные катастрофы и голод из-за недостатка пищи.

Единственной разумной альтернативой является уменьшение рождаемости. Но такая попытка может принести неудачу, если будет запоздалой; тогда перенаселенность и голод сделают эту меру трудновыполнимой. Нужно ли нам ждать этого?

Давайте подведем итоги вышесказанному. В будущем нас ожидает гонка между ростом и уменьшением смертности, и, если к 2000 году не победит второе, победит первое.

Глава 17
МОЯ ПЛАНЕТА, ЭТО КАСАЕТСЯ ТЕБЯ

Я люблю людей — в самом деле люблю, — тем не менее когда я пытаюсь заглядывать в будущее, то ловлю себя на мысли, что мои представления выглядят циничными по сравнению со взглядами других, которые тоже любят людей, но, похоже, не подчиняются чувству здравого смысла.

Несколько лет назад, к примеру, на одном собрании какая-то еврейская женщина очень эмоционально утверждала, что никогда не верила в добрые чувства неевреев, поскольку они держались в стороне и даже ничего не пытались предпринять, когда в нацистской Германии мучили и убивали евреев миллионами.

Я мог понять ее чувства, поскольку сам принадлежу к евреям, но не разделяю ее взглядов. Чтобы прояснить ей свою точку зрения, я негромко спросил ее: «Что вы сделали для гражданских прав негров?»

Она резко ответила то, что я примерно и ожидал услышать: «Давайте решим наши собственные

проблемы прежде, чем решать проблемы других народов».

Вы не поверите, но мне так и не удалось убедить ее в непоследовательности ее позиции.

Нам нужно принимать людей такими, какие они есть, — с их частой неспособностью думать рационально. А думать рационально пора, поскольку перед нами встает в полный рост самая серьезная проблема, с которой только сталкивалось человечество. Эта проблема простого выживания — не для какой-то секты, не для какого-то народа и не для какой-либо политической или экономической группы, а для всей цивилизации.

И может быть, для человечества в целом.

А возможно, и для многоклеточной формы жизни.

Главной проблемой является рост населения. Этот вопрос я подробно рассмотрел в предыдущей главе и хочу еще более внимательно изучить в этой завершающей главе. Даже если сейчас, прямо в эту минуту, народонаселение перестанет расти, мы все же будем стоять перед множеством трудноразрешимых проблем. Население Земли уже слишком велико, чтобы в дальнейшем мы могли сохраниться, поскольку человечество растет не только численно.

Существует общепринятое убеждение, что мы обязательно должны жить в «растущей экономике», что нам обязательно должны сопутствовать «прогресс» и «развитие», что мы должны жить все лучше и лучше. Отрицать это — все равно что отрицать такие понятия, как доброта, милосердие и любовь, но мне придется это сделать. Рост, развитие и улучшение всегда имеют свою цену. Улучшение благополучия общества неизбежно означает интенсификацию в использовании земных ресур-

сов, причем со все усиливающимися темпами — в частности, со все увеличивающейся скоростью потребления энергии.

Использование невосполнимых ресурсов и потребление энергии на протяжении последних десятилетий растет быстрее, чем увеличение народонаселения; я встречал утверждения, что ко времени, когда Соединенные Штаты удвоят свое население, скажем к 2020 году, потребление энергии увеличится в семь раз.

Я полагаю, что скорость загрязнения окружающей среды примерно пропорциональна скорости потребления энергии и что, если не предпринять энергичных действий для предотвращения этого, семикратное увеличение в потреблении энергии приведет к семикратному увеличению в объеме загрязнения. И только за пятьдесят лет.

Давайте взглянем на это с другой стороны.

Так случилось, что в настоящее время Соединенные Штаты потребляют более половины невоспроизводимых ресурсов, добываемых на Земле, — металлов, ископаемого топлива и так далее, — несмотря на тот факт, что население Соединенных Штатов составляет всего одну шестнадцатую населения Земли.

Остальной мир, конечно, хотел бы достичь нашего уровня потребления, и нет никаких причин им в этом отказать. Но представим, что их мечты осуществятся и все земляне будут жить в соответствии с американским стандартом жизни. Тогда оставшиеся пятнадцать шестнадцатых населения Земли будут использовать в пятнадцать раз больше земных ресурсов — как и наша одна шестнадцатая — и станут производить в пятнадцать раз больше отходов.

Таким образом, скорость добычи угля, нефти, металлов и минералов, скорость производства бу-

маги, пластика, автомобилей и всего прочего придется увеличить в восемь раз, чтобы все на Земле жили как американцы, — даже если население возрастет не выше сегодняшнего уровня. И загрязнения будет в восемь раз больше.

Можем мы это позволить?

А если население продолжит возрастать с существующей в настоящее время скоростью (если скорость останется прежней), то это семикратное увеличение потребления энергии приведет к тому, что скорость истощения ресурсов будет более чем в пятьдесят раз выше сегодняшнего уровня.

Но это не может быть осуществимо. Ресурсов просто бы не хватило, Земля не имеет возможности справиться с пятидесятикратным увеличением загрязнения.

Приходится считаться с фактом, что мы не можем больше жить так, как жили в прошлом. Просто не может быть такого, чтобы мы увеличивали скорость добычи столь же быстро, как мы способны, что возможен неограниченный рост (как нам того бы хотелось) и что старая добрая Земля даст нам все, что мы хотим, сколь много это ни было, и поглощала бы все отбросы, сколь много бы их ни было.

Мы больше не можем тешить себя иллюзиями, что находимся в бесконечном мире, мы в ужасно конечном мире (и уже начали это чувствовать), и нам придется учесть это, иначе мы погибнем.

То, что мир конечен, мы можем судить по тому, насколько сильно зависят друг от друга различные его элементы. Давайте попытаемся грубо оценить эту взаимозависимость расстоянием между отдельными цивилизациями в разные времена истории. Когда Земля была малонаселенной, она казалась бесконечной, и отдельные цивилизации, даже не так далеко расположенные, могли совер-

шенно игнорировать друг друга. Но с течением времени, чтобы можно было не замечать других, стали требоваться все большие расстояния. Возьмем всего несколько примеров.

В 1650 году до н. э. греков никак не беспокоило то, что египетское Среднее царство (находившееся от них на расстоянии в 500 миль) пало под натиском завоевателей-гиксосов. Однако в 525 году до н. э. завоевание Египта персами уже намного увеличило опасность завоевания Греции.

Смертельный поединок между Римом и Карфагеном в 215 году никак не отозвался в сердцах древних бриттов на их маленьком тесном острове, находившемся в тысяче миль от разыгравшихся сражений. Однако к 400 году н. э. положение Италии после вторжения немецких завоевателей очень взволновало древних бриттов, поскольку присутствие Алариха в северной Италии стоило Британии находившейся в ней римской армии и ее цивилизации.

До 1935 года большинство американцев могли жить так, словно их совершенно не касалось происходившее в Европе, в трех тысячах миль от берегов Америки, но не прошло и поколения, как им стали говорить (и они поверили в это), что то, что произошло в Сайгоне, в десяти тысячах миль, является столь жизненно важным, что десятки тысяч американцев должны там умереть.

Если кто-либо хочет взять на себя такой труд, он может составить график, показывающий изменение по времени минимальных дистанций, требующихся для изоляции. Эта линия не будет прямой, но я думаю, все же она окажется без резких скачков, довольно ровная в начале и намного более неравномерная в конце.

В наши дни укрыться за большим расстоянием уже нельзя. Максимальное расстояние на по-

верхности Земли составляет 12 500 миль — и это недостаточно далеко, чтобы считать себя в безопасности. Да, люди, возможно, хотят изоляции, они могут с упорством утверждать, что их не волнует то, что произойдет в 12 500 милях от них или даже в 500 милях, но это все равно что, закрыв глаза, утверждать, что солнце село.

Конечно, взаимозависимость является не только политической или военной — она также носит экономический, социальный, культурный и разные другие характеры. Все сколько-нибудь важные события (а сейчас мало что можно назвать не важным), случающиеся в мире, не могут не отзываться повсеместно. Поскольку четыре рок-певца в Ливерпуле несколько лет назад решили, что к парикмахеру ходить не надо, я отрастил себе бакенбарды.

Но не стоит пренебрегать малозначительными событиями. Давайте уясним одну вещь. Уже невозможно решать насущные проблемы планеты, считая, что мир бесконечен. Какую проблему ни возьми — перенаселение, истощение ресурсов, увеличение загрязнения или усиление социальной нестабильности, — ни с одной из них не справиться, не обращая внимания на остальную часть Земли.

Поскольку ни один народ не представляет подавляющего населения планеты, не заселяет большей части земной поверхности, не располагает большинством ресурсов и не обладает абсолютным доминированием, каждая нация считает себя «маленькой частью планеты». По моему мнению, это означает, что ни одна нация не может решить своих проблем в одиночку.

Парагвай не сможет этого сделать в изоляции — как не смогут и Соединенные Штаты, и по той же причине. Как Парагвай, так и Соединенные Штаты

имеют дело лишь с маленькой частью проблемы — как и другие страны, — и их шаги потерпят неудачу, если другие страны их не поддержат.

Предположим, что Соединенные Штаты решили проводить политику строгого контроля за загрязнением окружающей среды и установили ограничение рождаемости в 200 миллионов человек. Может это как-то решить наши проблемы, если остальной мир будет плодиться подобно кроликам?

Могут сказать, что даже при стабильном народонаселении с нашей превосходной технологией мы легко можем защитить себя от остального мира, особенно если остальной мир будет испытывать голод и бедствия из-за перенаселения.

Но некоторые из этих держав имеют ядерное оружие, которое способно нанести нам огромный ущерб, пока мы стираем их с Земли; и все они имеют ресурсы, которые нам приходится импортировать. Мы можем с холодным сердцем смотреть на голод, который они испытывают, — но что будет, когда этот голод бросит эти народы на нас?

И что будет, если остальной мир также достигнет стабильного уровня народонаселения и с энергией примется за большее экономическое влияние в мире? Представьте, что каждый народ начнет драться за лидирующие позиции, не обращая внимания на других. Сможем мы убедить их, что половина их ресурсов принадлежит нам и что им не дозволено пользоваться этими ресурсами только потому, что мы не хотим ради кого-то с ними расставаться? Список наших потерь во Вьетнаме не придает мне уверенности в способности навязать нашу волю миру.

И если они как-то улучшат положение своих дел, не нанеся при этом нам ущерба, и начнут за-

грязнять окружающую среду с той интенсивностью, которой требует высокий уровень благосостояния, то что будет тогда?

Если мы в Соединенных Штатах очистим реки, перестанем засорять озера и задымлять атмосферу, что этот Кнут (король Англии (1016—1035), Дании (1018—1035) и Норвегии (1028—1035). — *Примеч. пер.*) нового времени скажет о воздухе и воде Земли в целом: «Не пересекайте наши границы, поскольку у вас не чисто»?

Короче, наши проблемы носят общепланетный масштаб, и решения их также должны быть общепланетными.

Но что означает необходимость прийти к какому-либо соглашению для выработки общепланетарных решений?

По меньшей мере это означает, что Соединенные Штаты и Россия должны работать вместе. Между ними немыслима не только война, но даже основанные лишь на упрямстве и подозрительности разногласия, которые могли бы помешать совместным действиям по решению этих проблем, что в конечном счете приведет всех к гибели, но более мучительной, чем война.

Не следует давать национальной гордости и патриотизму мешать этому процессу. Здесь совершенно неуместно думать, что русские — это всего лишь банда комми (презрительное название коммунистов. — *Примеч. авт.*), в то время как они считают, что мы — всего лишь банда империалистов. Правы они или нет, правы мы или нет — а может, правы и те и другие или и те и другие ошибаются, — это не играет роли. Мы просто вынуждены работать вместе, искать соглашения и выполнять их — или же мы все пойдем ко дну.

Но даже Соединенные Штаты и Россия вместе не могут сделать многого. Может также потребоваться искреннее стремление к сотрудничеству Западной Европы, Китая и Индии, чтобы найти общепланетарные решения. За ними — вольно или невольно — может последовать весь остальной мир, и, возможно, даже под плеткой.

Не поймите меня неправильно. Мне не нравится мысль о том, что самые могущественные нации должны применять силу, чтобы заставить выстроиться в линию всю планету. Я хотел бы видеть демократические правительства во всем мире с сильной, свободно избранной исполнительной властью с ограниченным сроком правления. Хотел бы представительные законодательные органы, которые уважают общепринятые в мире законы и подчиняются мнению большинства населения. Но меня беспокоит мысль, что такое недостижимо в ближайшие тридцать лет, а по моему мнению, мы имеем впереди только тридцать лет.

Таким образом, мы должны искать какой-то выход.

Проблема состоит в том, что наше общество, наша культура, все наши представления базируются на предположении, что мир бесконечен. Именно эта мысль звучит в словах моей знакомой дамы, что я привел в самом начале: «Давайте решим наши собственные проблемы прежде, *чем решать проблемы других народов*». *Она* не понимает, что нет больше разделения на «наши и ваши» проблемы — все они «наши».

Потому мне трудно понять, почему, придерживаясь устаревших представлений, мы идем навстречу гибели, вместо того чтобы сотрудничать, только из страха, что эти плохие парни могут както воспользоваться этим сотрудничеством и получить выгоду от наших хороших парней (и те

парни, с другой стороны, будут говорить те же слова, только подразумевая под «хорошими парнями» себя, а под «плохими парнями» — нас).

Прекрасно понимая, что нам грозит, и надеясь на то, что когда-либо в отдаленном будущем мы придем ко всемирному правительству, я с радостью приветствую всякое сотрудничество на любых условиях. Пусть каждый народ упорно считает, что он должен сохранить свою независимость от остальных, пусть он хочет остаться в одиночестве и ненавидит остальных. Но все нации все же должны сотрудничать (даже если им это и не нравится) в общих усилиях — хотя бы еще недостаточных, но позволяющих нам как-то держаться на плаву до того времени, когда будет создано настоящее мировое правительство.

Я хотел бы напомнить об одной исторической аналогии. Она может показаться не очень уместной, как все исторические аналогии, но вспомнить ее полезно.

В 1776 году восставшие английские колонии Восточного побережья Северной Америки объявили себя «свободными и независимыми штатами» и были признаны в таком качестве Великобританией в 1783 году.

По привычке мы думаем о штате как о части страны, считая, что правительство штата выполняет чисто административные обязанности и не имеет истинной независимости, но здесь мы ошибаемся. Слово «штат» относится к самодостаточной политической целостности, совершенно независимой. Все тринадцать штатов, свободных и независимых, были полны подозрений друг к другу, чего следует ожидать у стран с общими границами. На протяжении нескольких лет после 1783 года Соединенные

Штаты считались «соединенными» только по названию. Они боролись друг с другом — пропагандистски и экономически — и были весьма близки к военному противоборству.

Более тесный союз, закрепленный в конституции (созданной в 1787 году и одобренной в 1789-м — при задержке принятия ее штатом Род-Айленд до 1791 года), таким образом, был встречен с большим энтузиазмом. Он был навязан взаимно враждебным странам, при всей их неохоте и боевом запале, но существовали общие проблемы, которые требовали общих решений. Без совместных действий отдельным штатам грозило снова оказаться под европейским господством.

Конечно, конституция поначалу была составлена наспех. По ней штаты назывались суверенными, их присутствие в союзе предполагалось добровольным, и в разное время разные штаты (которым казалось, что их права ущемляются) в качестве угрозы использовали положение о возможности выхода из союза.

В конце концов в 1860-м и 1861 годах такой выход был предпринят одиннадцатью штатами юга, и потребовалось четыре года кровавой войны, чтобы они убедились в своем заблуждении.

Ситуация 1787 года в наши дни повторяется, но уже в общепланетарном масштабе, в первую очередь потому, что земли становится мало, а населения много. Положение здесь столь угрожающе, что на счастливый исход надеяться трудно, но тем не менее я думаю...

В некоторых областях трудностей стало меньше. Развитие транспорта и средств сообщения сократило расстояния, так что другая часть планеты сейчас не менее доступна, чем противоположный конец Америки в 1787 году. И разнородность населения планеты в наши дни меньше, чем многие думают. И

потому общепланетарный союз — добровольный или не совсем (если будут продолжаться требования национального суверенитета) — может стать реальностью. Но сколько времени он продержится?

Как долго американская конституция удерживала вместе американские штаты? Семьдесят лет.

А после этого разразилась самая кровавая и самая упорная братоубийственная гражданская война в истории Запада — и потребовалось полностью сокрушить Конфедерацию, чтобы война прекратилась.

К счастью для нас, тогда мир был разделен большими дистанциями. Соединенные Штаты могли позволить себе гражданскую войну и после этого сохранились как страна.

Но с тех пор прошло более столетия, и мы не можем больше себе позволить подобный риск. Предположим, что мировое правительство создано, что оно действует во всеобщее благо, имея главной целью выживание человечества.

Если после этого на планете разразится планетарная гражданская война, то как вы думаете, какая сторона от этого выиграет и каким станет мировое правительство? Правильно — никакая сторона и никакое правительство. Гражданская война сделает этот вопрос бессмысленным. Правительство, цивилизация и человечество просто перестанут существовать.

И потому в следующие десятилетия, за которыми обязательно должна начаться эпоха всестороннего сотрудничества, мы должны продолжать усилия по установлению взаимной симпатии между людьми и упорно бороться против безумных национальных предрассудков, но очень осторожно, не делая ни одного ложного шага. А иначе нельзя в нашем конечном мире.

Это нелегко, но это надо делать.

Хорошо, но как?

Здесь я хотел бы привести еще одну историческую аналогию — тоже, может, не самую удачную.

Я считаю, что территориальная ограниченность в Соединенных Штатах исчезла с началом освоения запада. Открытие западной границы было общей задачей для перенаселенных штатов востока США. Но запад не был открыт для каждого штата отдельно, чтобы каждый штат не мог постепенно перенести на новые территории свои традиции и представления о своей исключительности, что послужило бы основанием для дальнейшей ненависти к другим. Весь запад был открыт для всех американцев.

Люди из различных штатов свободно перемешивались между собой, так что в «завоевании запада» никто не имел больших заслуг, чем другие.

Естественно, местные традиции сохранились — и они всегда будут сохраняться, — но они уменьшились до такой степени, что члены одного штата не считают, что у них есть данное Богом право убивать членов другого штата.

И с чем в планетарном масштабе можно сравнить миграцию на запад?

Вспомним о космосе.

На первый взгляд он кажется плохим примером. Вся американская программа космических исследований была чисто национальным мероприятием, вызванным болезненным впечатлением от того, что Советский Союз стал первой нацией, запустившей спутник на орбиту. Космические программы были милитаризованы, они были проявлением национальной гордости и пронизаны аурой «Ридерз дайджест» и Билли Грахама (американский религиозный деятель. — *Примеч. пер.*).

О космосе говорили столь много, что это стало предметом подозрений для либералов. Они считали, что эти разговоры — нечто вроде опиума, призванного отвлечь внимание американского народа на Луну, в то время как здесь, на Земле, города находятся в упадке, а об их населении никто не думает. В то время только и слышалось отовсюду: Луна или Земля, космос или города, ракеты или народ.

Если бы подобный выбор действительно тогда существовал, я сам бы выбрал Землю, города и людей, но такого выбора не было. Настоящая проблема заключалась в том, что каждая нация на Земле тратит большую часть своих денег и сил на подготовку к войне (или участие в войне). Выбор заключается вовсе не в Луне и Земле. Выбор должен быть сделан в следующем: война или Земля, солдаты или города, люди или ракеты.

Но почему все же надо заниматься космическими исследованиями? Есть ли польза от того, что человек высадился на Луну?

Я ранее приводил доводы о материальной выгоде, которую может это принести, о знаниях, которые могут быть получены при изучении геологии Земли, к примеру о строении Солнечной системы или даже о происхождении жизни. Я говорил о новой технологии, которая может быть применена в космическом вакууме, при высокой радиоактивности и низких температурах на лунной поверхности.

Я даже доказывал целесообразность создания самообеспечивающейся колонии на Луне — такой колонии, которая могла бы (после старта с Земли) продолжать свое самостоятельное развитие благодаря рациональному использованию ресурсов, доступных для разработки на лунной поверхности. Я писал, что колония на Луне может при-

нести Земле намного большую пользу, чем просто выполнение какой-то конкретной задачи.

Дело в том, что Луна является очень ограниченным миром, у нее нет воздуха и воды, а это означает, что колонисты на Луне будут вынуждены относиться к своим ресурсам с очень большой бережностью, поскольку они будут жить в мире, в котором ошибка недопустима.

Если эта колония сможет существовать и функционировать, тогда она послужит нам и примером, и источником вдохновения. Она покажет, как человек может жить в нашем ограниченном мире, и даже сможет научить, что именно нам делать.

Но забудьте все это. Вдруг настоящая лунная колония не сможет существовать? Это покажет, что наши надежды на добычу материалов в космосе — иллюзия, что полученные нашими учеными знания являются чисто теоретическими и бесполезными для обычного человека. Давайте предположим, что космические исследования, как сейчас, так и в будущем, — это просто дорогостоящие развлечения, что-то вроде подъема на очень большой Эверест.

Но даже в этом случае космические исследования по-прежнему будут стоить много денег.

А поскольку это так, космические исследования становятся слишком дорогостоящими для любой страны — даже для Соединенных Штатов или России, которые продолжают прилагать большую часть своих усилий для совершенствования военной техники и для войны.

Как только, по крайней мере самые могущественные, народы будут вынуждены в силу очевидных обстоятельств перейти к сотрудничеству и какому-то единому управлению своими исследованиями, это управление, по моему мнению, совершенно неизбежно распространится на космические программы и других стран.

И в этом заключается моя самая большая надежда на выживание человечества.

Почему бы всем народам не создать общую программу освоения космоса? Единственный враг этому — темнота незнания, и я уверен, что с этим врагом всему человечеству нужно бороться с одинаковой решимостью. Исследования космоса должны всех нас заставить победить невежество и открыть новые горизонты. Они дадут человечеству достижения, которые возможны только в результате совместных усилий, и заставят людей мыслить общепланетарными категориями.

Даже сейчас можно уже видеть результаты подобного международного сотрудничества в космосе. Успешная высадка на Луну, конечно, была, без сомнения, только американским достижением. Тогда над лунной поверхностью поднялся американский флаг, американский президент поспешил на побережье Тихого океана со своими поздравлениями, а американский вице-президент дарил кусочки лунной поверхности лидерам всей Азии. И тем не менее это достижение затронуло всех, даже русских. Поскольку «человек разумный» ступил на Луну, ступили на Луну мы все.

Так пусть же космические исследования будут в будущем многонациональными, пусть флаг нашей планеты развевается над поверхностью Марса, пусть люди со всех уголков мира работают над масштабными проектами по исследованию и освоению Солнечной системы — и это определенно будет приводить к осознанию нас как общности.

Конечно, и в этом случае всегда будут оставаться местные традиции, но преодолеть их (возможно) может помочь сознание общей судьбы, которое медленно, но уверенно уничтожает изолированность людей и вынуждает относиться их друг к другу хотя бы со сдержанной терпимостью

(при отсутствии любви достаточно хотя бы сдержанной терпимости), чтобы в конце концов мировое правительство стало явью.

Конечно, подобного не могло случиться при исследовании новых земель в XVI столетии. Завоевание новых земель не объединило европейские народы, а даже обострило враждебность, но тогда народы не осуществляли международные проекты.

Однако если это случится, космические исследования, сколько бы они ни стоили, спасут планету от катастрофы — и потому ими следует заниматься, даже если они не принесут ничего больше.

Если такое случится, XXI век также увидит, как человечество осуществляет мучительный переход из своего детства с его псевдобесконечным миром чисто планетных обществ к взрослению через сотрудничество различных народов и зрелости, когда общепланетное правительство будет управлять нашим таким «конечным» миром.

Но я повторяю: эта возможность для всех нас не будет существовать долго, поскольку времени мало, а глупости на Земле много, потребности очень велики, а кругозор мал. К тому же давящие на нас проблемы крайне сложны, а лидеры стран часто весьма посредственны и порой не руководствуются голосом сердца.

И все-таки я надеюсь на лучшее.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5

Часть первая
АСТРОНОМИЯ

Глава 1. Звезды на их путях 11
Глава 2. Кривообразное Солнце 27
Глава 3. Лунный круг почета 41
Глава 4. Миры в беспорядке 56

Часть вторая
ФИЗИКА

Глава 5. Два в одно время 73
Глава 6. Бросая мяч 88
Глава 7. Человек, который «взмассил» Землю 102
Глава 8. Люксонная стена 116
Глава 9. Играя в игры 132
Глава 10. Далекое расстояние 147

Часть третья
ХИМИЯ

Глава 11. Умножение элементов 165
Глава 12. Заполняя пробелы 181
Глава 13. Нобелевская премия, которой не было .. 200

Часть четвертая
СОЦИОЛОГИЯ

Глава 14. Роковая молния 219
Глава 15. Грех ученого 235
Глава 16. Сила прогресса 252
Глава 17. Моя планета, это касается тебя 268

Научно-популярное издание

Айзек Азимов

ЗЕМЛЯ И КОСМОС

От реальности к гипотезе

Ответственный редактор *Л.И. Глебовская*
Художественный редактор *И.А. Озеров*
Технический редактор *И.В. Травкина*
Корректор *Т.В. Вышегородцева*

Подписано в печать с готовых диапозитивов 20.02.2004.
Формат 76x90$^{1}/_{32}$. Бумага офсетная. Гарнитура «Петербург».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,34. Уч.-изд. л. 12,53.
Тираж 7 000 экз. Заказ № 1003

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

ЗЕМЛЯ И КОСМОС

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 в мир астрономии, физики и химии.

В книге, написанной в легком и остроумном стиле, рассматривается история развития точных наук со времен глубокой древности до наших дней и исследуется взаимосвязь Земли и космоса. Как появилась астрология и есть ли в ней рациональное зерно? Что такое «редкие земли»? Как решить проблему перенаселения нашей планеты? Можно ли всерьез рассматривать возможность путешествия во времени? Это лишь некоторые из тем, рассмотренных в книге, которая будет интересна всем, кого увлекает наука.

Книги А. Азимова — это оригинальное сочетание научной достоверности, яркой образности, мастерского изложения.

ISBN 5-9524-0899-0



ЦЕНТРПОЛИГРАФ