

АЙЗЕК АЗИМОВ

О ВРЕМЕНИ
И ПРОСТРАНСТВЕ

• НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА •



от египетских календарей
до квантовой физики



ISAAC ASIMOV

OF TIME AND
SPACE AND
OTHER THINGS

АЙЗЕК АЗИМОВ

О ВРЕМЕНИ, ПРОСТРАНСТВЕ И ДРУГИХ ВЕЩАХ

От египетских календарей
до квантовой физики



Москва
ЦЕНТРОЛИГРАФ

УДК 821.161.1
ББК 84(7Coe)
А35

Охраняется законодательством РФ
о защите интеллектуальных прав.
Воспроизведение всей книги или любой ее части
воспрещается без письменного разрешения издателя.
Любые попытки нарушения закона
будут преследоваться в судебном порядке.

This translation is published by arrangement
with Doubleday, an imprint of the Knopf Doubleday
Publishing Group, a division of Random House, Inc.

*Оформление художника
Е.Ю. Шурлаповой*

Азимов Айзек
А35 О времени, пространстве и других вещах. От
египетских календарей до квантовой физики /
Пер. с англ. Л.А. Игоревского. — М.: ЗАО Из-
дательство Центрполиграф, 2014. — 270 с.

ISBN 978-5-227-04946-9

Автор книги рассказывает о появлении первых календарей
и о том, как они изменялись, пока не превратились в тот, по кото-
рому мы сейчас живем. Вы узнаете много интересного и познава-
тельного о метрических системах, денежных единицах и увлека-
тельных парадоксах физики, химии и математики. Занимательные
исторические примеры, иллюстрируя сухие факты, превращаются
в яркие рассказы, благодаря живому и образному языку автора.

УДК 821.161.1
ББК 84(7Coe)

Copyright © 1965 by Isaac Asimov
© Перевод и издание на русском
языке, ЗАО «Издательство
Центрполиграф», 2014
© Художественное оформление,
ЗАО «Издательство
Центрполиграф», 2014

ISBN 978-5-227-04946-9

О ВРЕМЕНИ,
ПРОСТРАНСТВЕ
И ДРУГИХ
ВЕЩАХ

От египетских календарей
до квантовой физики

ВВЕДЕНИЕ

Если проследить эволюцию человечества от его зарождения до наших дней, это будет эпическое повествование о славных победах разума над силами природы: от добычи огня и изобретения колеса до освоения космического пространства.

Однако накопление опыта и приобретение новых знаний ведет не только к торжеству мысли и деяний человека, так как в стремлении к сокровенным тайнам мироздания исследователь может случайно натолкнуться на нечто, грозящее концом света.

Такова участь человечества. Мы отличаемся от всех остальных живых существ тем, что обладаем властью над неживой природой. Одновременно мы отличаемся от них тем, что униженно терпим поражение от неживой природы, но об этом знаем только мы.

Насколько нам известно, ни одно из других живых существ не обладает нашим представлением о времени. Животное может помнить, но оно не имеет понятия о *прошлом* и тем более о *будущем*.

Все живые существа, за исключением человека, существуют только в настоящем. Никто из них не в состоянии предвидеть неизбежность своей смерти. Смертным является лишь человек в том смысле, что только он это понимает.

На каком-то этапе эволюции примитивный предок человека впервые понял, что когда-нибудь он умрет. Скорее всего, наш первобытный философ не мог не заметить, что все живые существа рано или поздно умирают, и он впервые осознал, что с ним когда-нибудь произойдет то же самое. Если смерть приходит ко всему живому, значит, она придет и к нему; вместе с ней для него наступит конец света.

Мы часто говорим, что добыча огня выделила человека из ряда других живых существ. Однако «открытие» смерти стало не менее знаменательным событием и, несомненно, явилось силой, ускорившей движение человека по ступеням эволюции.

Подробности обоих открытий навеки утеряны в веках, но некоторые из них отражены в древних мифах. Открытие огня описано в известном греческом мифе о Прометее, укравшем его для бедной, дрожащей от холода расы людей.

Открытию смерти посвящен иудейский миф о садах Эдема, где обитал бессмертный человек, не имевший понятия о времени. Но он получил соответствующие знания, отведав плода с дерева познания добра и зла.

Вместе со знанием в мир пришла смерть, то есть человек узнал о том, что должен умереть. В Библии осознание смерти представлено как божественное откровение. Торжественно объявляя Адаму о наказании за неповиновение, Всевышний сказал: «...ты... возвратишься в землю, из

которой ты взят, ибо прах ты есть, и в прах возвратишься» (Бытие, 3: 19).

Однако люди продолжают жить и бороться, даже находясь под ужасным гнетом проклятия Адама. Я не могу не думать о том, как много человеческих деяний связаны с попытками избавиться от ужасающей уверенности в неизбежности своей кончины. Иногда человек распространяет понятие о своем существовании на свою семью. При этом он обретает бессмертие в мысли о том, что, хотя его собственная искра жизни угасает, такая же искра продолжает гореть в его детях, вышедших из его плоти. Кстати говоря, на этом основано любое родовое общество.

Или человек может решить, что настоящая жизнь касается не тела, которое смертно, а души, которая живет вечно. Истоком многих философских течений, религий, а также высочайших проявлений человеческих способностей является желание избавиться от проклятия Адама.

А что сказать об обществе, в котором материализм в значительной степени вытеснил из сознания людей понятия о продолжении жизни в детях и внуках, о бессмертной душе? Ведь наше современное общество является именно таким. Как мы умудрились лишиться себя традиционных классических решений, облегчающих мысль о неизбежности смерти?

Является ли случайным совпадением, что из всех существовавших культур именно у нас на современном Западе чувство времени развито более всего. Наше общество потратило много энергии на изучение времени, измерение времени, деление его на крошечные промежутки, причем с постоянно возрастающей точностью.

Является ли случайным совпадением, что типичный представитель самой материалистичной культуры, пропитанный духом материализма американец XX столетия никогда и нигде не появляется без своих наручных часов? Он не может себе позволить не думать о неуклонном движении секундной стрелки, отмечающей, как безвозвратно утекают песчинки его жизни.

Поэтому первые очерки в этой книге касаются именно попыток человека измерить время. Однако понятие времени присутствует и в других главах, посвященных описанию различных приборов, ни один из которых не обходится без понятия «секунда»; или катализаторов, которые обеспечивают ускоренное действие за меньший промежуток времени, и т. д. Время является понятием, которое невозможно исключить из любой области научной мысли.

Понимая неизбежность конца, человек должным образом изучает время. Ведь, только грамотно обращаясь со временем, можно измерить всевозможные явления и найти новые пути в науке. Только наука может привести к конечному материалистическому устранению проклятия Адама, хотя в заключительном очерке этой книги я снова возвращаюсь к утверждению о неизбежности смерти. Все люди смертны, но все же не настолько, как могли бы быть.

В броне смерти существует брешь. Почему люди живут так долго? Если когда-нибудь человечество найдет ответ на этот вопрос, оно сумеет ответить и на многие другие вопросы.

Бессмертие?

Кто знает, почему бы и нет?

Часть первая

О ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ

Глава 1

ДНИ ЛЕТ НАШИХ

Как-то раз мы с друзьями решили провести вместе вечер. Мы собирались вдоволь поболтать, а затем насладиться кофе и сладкими пончиками. Один парень из нашей компании пригласил на эту вечеринку известного конферансье. Тот принял приглашение, однако поставил одно условие: ему никого не придется развлекать, даже просить об этой услуге никто не будет. Оно было принято без возражений.

Но нельзя было игнорировать проблему, которая могла возникнуть. Если вечер будет пущен на самотек, рано или поздно кто-то начнет приставать к артисту как к профессионалу индустрии развлечений. Следовательно, необходимо было найти достойную замену. И мой друг предложил мне взять эту миссию на себя.

Я сразу же отказался, пояснив, что не смогу стоять перед всеми и развлекать людей, поскольку буду постоянно думать, что среди публики присутствует настоящий артист, который был бы больше уместен на моем месте. Создавалось впе-

чатление, что друзья решили отдать меня на растерзание волкам.

Однако все смеялись и всячески заверяли меня, что в искусстве ведения беседы мне найдется немного равных. (По непонятной причине окружающие меня люди всегда скоро догадывались, что я очень падок на лесть.) И я довольно быстро согласился быть брошенным волкам. Удивительно, но все отлично сработало: следует отдать должное высокому уровню интеллекта слушателей, а также их сердечной доброте.

Так случилось, что мы собрались 29 февраля — в день, специально добавленный в календарь для согласования с солнечным годом. Поэтому тему для беседы не пришлось долго выбирать. Суть ее свелась к следующему.

Думаю, нет никаких сомнений в том, что первой единицей измерения времени были сутки. Очевидно, она возникла уже у примитивных гуманоидов. Однако сутки не слишком удобная единица для измерения длительных периодов. Даже если считать, что средняя продолжительность жизни первобытных людей составляла 30 лет, это соответствовало 11 000 суток. Довольно легко сбиться со счета.

Поскольку продолжительность суток определяется Солнцем, представляется вполне естественным в поисках еще одной единицы измерения времени обратиться к другому небесному светилу — Луне. Тем более, что такая единица была вполне очевидна — период полной фазы Луны. Это светило увеличивается, от почти незаметного молодого месяца до полной Луны, а затем возвращается к исходному состоянию за определенный проме-

жуток времени. Такой период называется «месяцем» (происхождение этого слова, на мой взгляд, совершенно ясно), или, если быть более точным, «лунным месяцем», поскольку существуют и другие месяцы, продолжительность которых несколько отличается от лунного.

Лунный месяц равен примерно 29,5 суток. Точнее, 29 суткам 12 часам 44 минутам 2,8 секунды. Это составляет 29,5306 суток.

До появления земледелия понятие месяца, вероятнее всего, не имело особого значения. Им пользовались только для удобства измерения довольно длительных промежутков времени. Продолжительность жизни первобытного человека составляла примерно 350 месяцев. Согласитесь, эта цифра значительно удобнее, чем 11 000 суток.

Существовала гипотеза, что необычно долгая жизнь некоторых патриархов, о которой повествует пятая глава Книги Бытия, возможно, является следствием элементарной ошибки: годы были спутаны с лунными месяцами. К примеру, если предположить, что Мафусаил прожил 969 лунных месяцев, то есть примерно 79 лет, число представляется весьма разумным. Однако до нас дошло 969 лет. Отсюда и пошло выражение «Стар, как Мафусаил».

Я упоминаю об этом только вскользь, так как это предположение всерьез не рассматривалось учеными, изучающими Библию. Более вероятно, что такие продолжительности жизней являются наследием вавилонских преданий о временах до Потопа.

Но я отвлекся от темы.

Мне кажется, что понятие месяца обрело новое, исключительно важное значение с возникновением земледелия. Сельскохозяйственное обще-

ство было значительно теснее связано с временами года, чем охотники или скотоводы. Кочевники передвигались с места на место в поисках зерна или травы, а земледельцам приходилось оставаться на одном месте и надеяться на дождь. Чтобы увеличить свои шансы на урожай, земледельцам следовало сеять в нужное время, чтобы воспользоваться преимуществами сезонных дождей и тепла. Ошибка в определении времени посева могла стать причиной катастрофы. А с развитием сельского хозяйства в отдельных районах увеличилась плотность населения, что увеличивало масштабы возможной катастрофы.

Доисторическому человеку пришлось обратить внимание на последовательную смену времен года. Он заметил, что времена года проходят полный цикл примерно за 12 месяцев. Иными словами, если урожай посеян в определенное время года и все идет хорошо, то через двенадцать месяцев, отсчитанных с даты этого посева, можно снова сеять, и все снова будет хорошо.

Подсчет месяцев в примитивном обществе, скорее всего, был весьма мудреным, поскольку ошибка могла стать губительной. Поэтому вряд ли стоит удивляться, что это дело обычно доверяли специальной касте — священнослужителям. Они могли не только посвятить все свое время точным подсчетам, но использовать свой опыт и знания, чтобы умиловить богов. Ведь последовательная смена времен года не была столь неукоснительной и неизменной, как смена дня и ночи или фаз Луны. Поздние заморозки или отсутствие осадков могли погубить урожай. А колебания погодных условий могли следовать за мелкими погрешностями в выполненных обрядах

и ритуалах, поэтому люди непоколебимо верили в необыкновенную важность функции священнослужителей.

Вряд ли стоит удивляться, что со временем понятие лунного месяца приобрело огромную религиозную значимость. Проводились специальные лунные праздники, каждый из которых имел определенную цель и специфический ритуал. Со временем лунный месяц стал называться «синодическим» месяцем.

Полный цикл сезонов получил название «год». 12 лунных месяцев составляли «лунный год». Когда для измерения времени начали использовать лунный год, появился «лунный календарь». В наше время лунным календарем пользуются только мусульмане. Каждый мусульманский год состоит из 12 месяцев продолжительностью 29 и 30 дней поочередно.

Таким образом, месяц имеет среднюю продолжительность 29,5 суток. Однако истинная длительность лунного месяца, как я уже упоминал, составляет 29,5306 суток. Лунный год, состоящий из двенадцати 29,5-суточных месяцев, насчитывает 354 суток, а 12 лунных месяцев в действительности продолжаются 354,37 суток.

Вы, конечно, можете сказать: «Ну и что?» — но не сделаете этого. Лунный год всегда должен начинаться в день новолуния. Если же вы начнете отсчет одного лунного года в новолуние, а затем будете последовательно чередовать 29- и 30-суточные месяцы, третий год уже начнется за день до новолуния, шестой — за два дня и т. д. Для многих ярых приверженцев религии это совершенно недопустимо.

Расчеты показывают, что 30 истинных лунных лет продолжаются 10 631,016 суток. В то же время 30 лет, составленных из 29,5-суточных месяцев, делятся 10 620 суток, то есть на 11 суток отстают от фаз Луны. По этой причине мусульмане раскидывают 11 дней на протяжении 30 лет таким образом, чтобы ни один из годов не начинался более чем на полные сутки раньше или позже новолуния. В каждом 30-летнем цикле имеется 19 лет, состоящих из 354 суток, и 11 лет — из 355 суток. И календарь полностью соответствует фазам Луны.

Иными словами, для приведения календаря в соответствие с движением небесного светила в него вводится добавочный день.

Лунный год, независимо от того, длится он 354 или 355 суток, не совпадает с полным циклом смены времен года. В глубокой древности вавилонские астрономы заметили, что Солнце движется на фоне звезд. Вскоре стало очевидно, что движение Солнца соответствует полному циклу смены времен года. (Взаимосвязь звезд и времен года, скорее всего, положила начало повальному увлечению вавилонян астрологией.)

Полная продолжительность солнечного пути — примерно 365 дней. Таким образом, лунный год на 11 суток короче, чем солнечный. По истечении трех лунных лет отставание от солнечного года или же цикла времен года составляет 33 суток, или чуть больше месяца.

Это важно. Если вы используете лунный календарь и начинаете отсчет таким образом, что в первый день года начинается сев, то через три года сдвиг составит месяц, а спустя десять лет сев уже начнется в середине зимы. Через 33 года первый день года снова займет первоначальное

место, совершив путешествие через весь солнечный год.

Как раз это происходит с мусульманским годом. Девятый месяц мусульманского года называется Рамадан. Это святой месяц, поскольку именно тогда Мохаммеду было ниспослано первое откровение из Корана. Во время Рамадана мусульмане в светлое время суток воздерживаются от еды и питья. Но каждый год Рамадан наступает несколько раньше и, наконец, попадает на самое жаркое время года, когда удержаться от питья почти невозможно. Не все мусульмане выдерживают такую пытку.

Мусульманское летоисчисление отсчитывается от хиджры — времени, когда Мохаммед совершил побег из Мекки в Медину. Это событие произошло в 622 году н. э. Поэтому весьма распространено мнение, что для определения мусульманского года достаточно вычесть из числа, обозначающего христианский год, 622. Это не совсем так, потому что мусульманский год короче нашего. Я написал эту главу в 1964 году. С хиджры прошло 1342 солнечных года и 1384 лунных. Так что, согласно мусульманскому летоисчислению, эта глава написана в 1384 году.

Я подсчитал, что мусульманское летоисчисление совпадет с христианским примерно через 19 тысячелетий. 20 874 год будет таковым и у нас, и у мусульман. Так что в этот год они смогут пользоваться нашим календарем без опаски.

Но что мы можем сделать, чтобы «подравнять» лунный год с солнечным годом и с циклом сезонов? Нельзя же просто добавить в конце 11 дней, потому что тогда следующий год не начнется в

новолуние, а для древних вавилонян начало года в новолуние имело первостепенную важность.

Между тем, если мы начнем отсчет солнечного года в новолуние и запасемся терпением, то без труда обнаружим, что двадцатый после этого солнечный год снова начнется в день новой луны. Следовательно, 19 солнечных лет включают в себя 235 лунных месяцев.

Рассмотрим, что представляют собой 235 лунных месяцев. Это 19 лунных лет (состоящих из 12 лунных месяцев каждый) плюс 7 месяцев в остатке. Мы могли бы, если бы захотели, предоставить лунным годам идти своим чередом, как это делают мусульмане, пока не пройдет 19 таких лет. К этому времени календарь окажется позади времен года ровно на 7 месяцев. Прибавив 7 месяцев к девятнадцатому году, мы начали бы новый 19-летний цикл в строгом соответствии с фазами Луны и временами года.

Между тем вавилоняне не желали отставать от времен года на 7 месяцев, поэтому решили разбросать семимесячный остаток на протяжении 19 лет, причем по возможности равномерно. Каждый цикл включал в себя двенадцать 12-месячных лет и семь 13-месячных. Дополнительный месяц прибавлялся к третьему, шестому, восьмому, одиннадцатому, четырнадцатому, семнадцатому и девятнадцатому годам каждого цикла, чтобы начало каждого года не отставало или не опережало движение Солнца больше чем на 20 дней.

Такой календарь, основанный на лунных месяцах, но хитроумно приспособленный к движению Солнца, называли «лунно-солнечным».

Вавилонский лунно-солнечный календарь был довольно популярен в древности, поскольку со-

ответствовал смене времен года и не покушался на святость величайшего из светил — Луны. Его также использовали иудеи и греки; именно он является основой современного еврейского календаря. Отдельным датам еврейского календаря позволяется слегка отставать от Солнца, но только до появления дополнительного месяца. Тогда они сразу оказываются немного впереди. Поэтому такие праздники, как еврейская Пасха и Йом Кишпур, каждый год выпадают на разные дни мирского календаря, составленного в строгом соответствии с движением Солнца. Зато в иудейском календаре они каждый год приходятся на одни и те же дни.

Первые христиане использовали иудейский календарь в течение трех веков и установили на его основе дату Пасхи. Однако с течением времени положение вещей усложнилось. Римляне, принимавшие христианство, не привыкли к лунно-солнечному календарю. К тому же их озадачивали непонятные скачки пасхальной даты. Появилась необходимость создания формулы, позволявшей вычислить дату Пасхи заранее с использованием римского календаря.

В 325 году н. э. на соборе в Никее (к этому времени Рим уже официально считался христианским) решили, что Пасха будет праздноваться в воскресенье после первого полнолуния, следующего за днем весеннего равноденствия (21 марта). Но полнолуние, о котором идет речь, является не действительным, а воображаемым. Это так называемое «пасхальное полнолуние» (слово *пасхальный* является производным от древнееврейского слова *Pesach*, означающего *Пасха*). Дата пасхального полнолуния высчитывается по сложной формуле, куда включены зо-

лотые числа и церковные письма. Я не буду на ней останавливаться.

В результате дата Пасхи продолжает прыгать по календарю и может выпасть как на 22 марта, так и на 25 апреля. С ней связаны многие другие церковные праздники, которые каждый год празднуются в разные дни.

Более того, далеко не все представители христианского мира согласны с формулой, по которой рассчитывается дата Пасхи. Разные мнения по этому вопросу стали одной из причин раскола между католической церковью Запада и православной церковью Востока. Например, в период раннего Средневековья существовала сильная кельтская церковь, имевшая собственную формулу.

Наш календарь унаследован от египтян, для которых смена времен года была не слишком важна. Величайшим событием года, своей значимостью затмевавшим все остальные, считался разлив Нила. Это происходило (примерно) через каждые 365 суток. Поэтому еще в глубокой древности, около 2781 года до н. э., Луну оставили в покое, и был принят солнечный календарь с постоянной продолжительностью года — 365 суток.

В солнечном календаре остались традиционные 12 месяцев. Поскольку год имел постоянную величину, месяцы тоже были одинаковые 30 суток каждый. Это означало, что новолуние может начаться в любой день месяца, но египтяне не придавали значения таким пустякам. Месяц, не связанный с фазами Луны, был назван календарным.

12 месяцев по 30 суток в сумме составляют 360 суток. В конце каждого 12-месячного цикла

оставались 5 суток, считавшиеся праздничными. Однако солнечный год имеет продолжительность не ровно 365 суток. Существует несколько видов солнечных лет, отличающихся друг от друга по длине. Тот из них, который ближе всех связан с понятием «времена года», называется тропическим годом и длится примерно $365\frac{1}{4}$ суток.

Это означает, что каждый год принятый в Египте 365-суточный год отстает от Солнца на $\frac{1}{4}$ суток. Получалось, что с течением времени разливы Нила в каждом году происходили все позже, и в конце концов это событие снова вернулось в начало года. Подсчитано, что 1460 тропических лет равны 1461 египетскому году. Период в 1461 египетский год получил название цикла Сириуса. Если в начале одного цикла Сириус восходит вместе с Солнцем в первый день египетского года, то в следующий раз они взойдут одновременно по прошествии 1461 египетского года. И начнется новый цикл.

Греки узнали о существовании дополнительной четверти суток около 380 года до н. э. благодаря открытию Евдокса Книдского. В 239 году до н. э. Птолемей Эргет, македонский правитель Египта, предпринял попытку уточнить египетский календарь и внести в него недостающую четверть суток, но консервативные египтяне воспрепятствовали столь радикальным инновациям.

А тем временем Римская республика жила по лунно-солнечному календарю, куда периодически вносился дополнительный месяц. Духовенство, ответственное за это мероприятие, было связано с политиками и не отличалось такой добросовестностью и щепетильностью, как их кол-

леги с Востока. Римские священнослужители добавляли месяц по собственному усмотрению. Если у власти находились нужные люди, избранные на один год, то этот год удлиняли. В противном случае без дополнительного месяца прекрасно обходились. К 46 году до н. э. римский календарь отставал от Солнца уже на 80 суток.

В это время у власти находился Юлий Цезарь, решивший положить конец этой бессмысленной возне. Он посетил Египет, где получил возможность убедиться в простоте и удобстве солнечного календаря. Цезарь даже привез себе в помощь египетского астронома Сосигенеса. Благодаря их совместным усилиям 46 год до н. э. длился 445 суток и вошел в историю под названием года путаницы. Однако таким методом календарь был приведен в соответствие с Солнцем, так что 46 год до н. э. одновременно стал и последним годом путаницы.

Начиная с 45 года до н. э. римляне приняли модифицированный египетский календарь, в котором 5 «лишних» суток в конце года были распределены между разными месяцами. Так появились месяцы с нечетным числом дней. Теоретически мы должны были иметь семь 30-дневных месяцев и 5 месяцев продолжительностью 31 день. Однако римляне, считавшие февраль несчастливым месяцем, укоротили его. Поэтому в современном календаре 7 месяцев имеют продолжительность 31 сутки, 4 месяца — 30 суток и 1 — 28 суток.

Чтобы не оставить без внимания лишнюю четверть суток, Цезарь и Сосигенес решили, что каждый четвертый год будет иметь продолжительность 366 суток. (В нашей эре каждый год, порядковый номер которого делится на 4, имеет дополнительный день, прибавленный для согла-

сования календаря с солнечным годом. Иными словами, в каждом четвертом году появляется день 29 февраля. Поскольку 1964 делится на 4 без остатка, в этом году есть 29 февраля.)

Это «юлианский год», названный так в честь Юлия Цезаря. На соборе в Никсе христианская церковь приняла юлианский календарь. Рождество стало официальным церковным праздником и после собора в Никсе получило постоянный день в юлианском календаре. Его дата, в отличие от Пасхи, каждый год не меняется.

365-суточный год длится 52 недели и 1 день. Это означает, что, если, к примеру, в одном году 6 февраля попадает на воскресенье, в следующем году оно будет уже в понедельник, а через год во вторник. Если бы все годы состояли только из 365 дней, определенная дата перемещалась бы по дням недели равномерно. Но в череду одинаковых лет вклинивается год, состоящий из 366 суток, то есть продолжающийся 52 недели и 2 дня. Если в таком году 6 февраля попадает на вторник, то в следующем году оно будет уже в четверг. Дата «перепрыгнет» среду. Поэтому 366-суточный год называется «прыжковым» годом, а 29 февраля — «прыжковым» днем. Мы называем такие годы високосными.

Все было бы хорошо, если бы тропический год длился ровно 365,25 суток. Но это не так. Тропический год имеет продолжительность 365 суток 5 часов 48 минут 46 секунд, или 365,24220 суток. Юлианский год в среднем на 11 минут и 14 секунд, или на 0,0078 суток, длиннее.

На первый взгляд это может показаться мелочью. Но из-за этой мелочи за промежуток в

128 лет разница между юлианским и тропическим годом составит уже полные сутки. Юлианский год «выигрывает» время, но вместе с тем день весеннего равноденствия начинает отодвигаться назад, и каждый год наступает раньше и раньше в году. Во время проведения собора в Никее в 325 году н. э. весеннее равноденствие было 21 марта. В 453 году оно считалось уже 20 марта, в 581 году — 19 марта и т. д. К 1263 году н. э. (при жизни Роджера Бэкона) юлианский год по сравнению с движением Солнца приобрел восемь суток, и весеннее равноденствие переместилось на 13 марта.

Вроде бы ничего страшного. Но церковь желала смотреть в отдаленное будущее, а дата Пасхи была связана с днем весеннего равноденствия. И если пустить процесс на самотек, вскоре Пасху пришлось бы праздновать в середине лета, а Рождество — весной. В 1263 году Роджер Бэкон написал папе Урбану IV письмо, разъясняющее ситуацию. На рассмотрение проблемы у церкви ушло более трех веков.

К 1582 году юлианский календарь приобрел еще два дня, и весеннее равноденствие передвинулось на 11 марта. Папа Григорий XIII решил, что пора действовать. Первым делом он прибавил 10 дней, изменив 5 октября 1582 года на 15 октября 1582 года. Это привело календарь в соответствие с движением Солнца, и весеннее равноденствие 1583 года произошло 21 марта, как ему и было положено по решению собора в Никее.

Следующим шагом стало принятие мер, чтобы календарь снова не сбился с ритма. Поскольку юлианский год набирает полные сутки каждые 128 лет, за 384 года набегает 3 полных суток, то есть с небольшим приближением трое

суток набираются за четыре столетия. Новые столетия начинаются в 1500, 1600, 1700 и т. д. годах. В юлианском календаре все они делятся на четыре без остатка, следовательно, являются високосными. Каждые четыреста лет таких годов четыре. Так почему бы не оставить три из них обычными годами, позволив одному, который делится на 400, стать високосным? Это максимально приблизит наш год к движению Солнца. Так возник григорианский календарь.

Подведем итоги: в каждом из четырех столетий юлианский календарь содержит 100 високосных годов, имеющих общую продолжительность 146 100 суток. В этих же четырех столетиях григорианский календарь допускает наличие только 97 високосных годов общей продолжительностью 146 097 суток. Сравните эти числа с продолжительностью 400 тропических лет, составляющих 146 096,88 суток. Пока с течением времени юлианский год наберет 3,12 суток по сравнению с движением Солнца, для григорианского года прибавка составит только 0,12 суток.

Но все-таки 0,12 суток — это почти три часа. Это значит, что по истечении 3400 лет григорианский календарь снова сдвинется по отношению к Солнцу на полный день. Около 5000 года н. э. человечеству снова придется рассмотреть вопрос об отказе от одного високосного года.

Следует отметить, что церковь запоздала с принятием мер. Сделай она это веком ранее, вся Западная Европа сменила бы календарь без всяких проблем. Однако к 1582 году значительная часть населения Северной Европы обратилась в протестантскую веру. Протестанты скорее согла-

сились бы «шагать не в ногу» с Солнцем согласно установкам язычника Цезаря, чем подчиниться указаниям римского папы. Поэтому они сохранили у себя юлианский год.

1600 год обошелся без кризиса. Это был год начала столетия, причем 1600 делится без остатка на 400, так что он явился високосным как по юлианскому, так и по григорианскому календарю. Но в 1700 году ситуация изменилась. По юлианскому календарю год был високосным, а по григорианскому — нет. К 1 марта 1700 года юлианский календарь должен был обогнать Солнце уже на 11 полных суток. Дания, Нидерланды и протестантская Германия сдались и приняли григорианский календарь.

Великобритания и американские колонии продержались до 1752 года. Из-за дополнительного дня, приобретенного в 1700 году, им пришлось изменить 2 сентября 1752 года на 13 сентября того же года. В результате по Англии прокатилась волна бунтов, поскольку люди не желали терять 11 дней. Повсеместно звучали лозунги: «Верните нам одиннадцать дней!»

(Более рациональной причиной возмущения явился тот факт, что, несмотря на укороченный на 11 дней третий квартал 1752 года, землевладельцы потребовали полную арсендную плату.)

Появились разногласия даже в отношении дня рождения Вашингтона. Он появился на свет 22 февраля 1732 года по григорианскому календарю, но в семейной летописи была указана юлианская дата — 11 февраля 1732 года. Когда производился переход на новый календарь, Вашингтон, бывший очень разумным человеком, спокойно изменил дату своего рождения, чтобы сохранить действительный день.

Приверженцы православной церкви в странах Восточной Европы были еще более упрямыми, чем протестанты. Миновали 1800-й и 1900 годы. Они были високосными по юлианскому календарю, но не являлись таковыми по григорианскому. К 1900 году юлианское весеннее равноденствие уже переместилось на 8 марта, а весь юлианский календарь опережал Солнце на 13 дней. Только после Первой мировой войны григорианский календарь был принят в Советском Союзе. (При этом переходе советские ученые внесли в него ряд небольших изменений, сделав его более точным. Советский календарь приобретет сдвиг на полные сутки по сравнению с Солнцем только через 35 000 лет.)

Тем не менее, православная церковь все еще упорно держится за юлианский год, поэтому по нашему календарю православное Рождество выпадает на 6 января¹, а по старому стилю его празднуют 25 декабря.

Мне часто приходит в голову ужасная мысль...

Лично я родился в то время, когда юлианский календарь был еще в полной силе. (Если это кому-то интересно, я появился на свет в Советском Союзе, а в Америку присехал в возрасте трех лет.) В отличие от Джорджа Вашингтона я не изменял дату своего рождения, поэтому каждый год я праздную день рождения на 13 дней раньше, чем должен, таким образом, я ни за что ни про что стал на 13 дней старше.

Теперь я уже ничего не могу изменить.

Верните мне мои 13 дней! Верните мне мои 13 дней! Верните...

¹ В настоящее время Рождество в Российской Федерации празднуют 7 января.

Глава 2

НАЧНЕМ С НАЧАЛА

Каждый год я праздную Новый год. Вскоре после этого подходит день моего рождения. Так что в начале года у меня всегда имеется двойной повод для размышлений.

Возможно, осознание безвозвратно уходящего времени станет не таким мучительным, если я смогу мыслить более объективно. К примеру, кто сказал, что год начинается именно в день Нового года? Чем этот день отличается от любого другого? Что делает 1 января особенным?

Действительно, когда мы делим время на какие-то единицы, откуда мы знаем, с чего начинать?

Для примера давайте начнем с самого начала (это мой излюбленный метод) и рассмотрим, что такое сутки.

Сутки состоят из двух частей: дня¹ и ночи, каждая из которых имеет астрономическое начало. День начинается с восхода солнца, ночь — с его захода. (Рассвет и сумерки тяготеют к ночи, но это уже детали.)

В тех широтах, где живет подавляющее большинство человечества, день и ночь на протяжении года изменяют свою длину (когда одна

¹ Меня всегда раздражал тот факт, что слово *day* означает как светлое время суток, то есть световой день, так и сутки в целом. На мой взгляд, это существенный недостаток восхитительного английского языка. У греков, например, два столь значимых понятия обозначаются разными словами. (Примеч. авт.)

часть суток удлиняется, а другая, соответственно, укорачивается). Поэтому имеется определенное удобство в использовании дня и ночи как единой 24-часовой единицы времени. Суммарная продолжительность дня и ночи почти неизменна.

И все-таки: когда должен начинаться день: с восходом или с заходом солнца? Вопрос спорный, поскольку в примитивном обществе это происходит, когда начинается рабочий день. С другой стороны, в таком обществе заход солнца — время завершения рабочего дня. А конец означает новое начало.

Разные группы людей принимали по этому поводу разные решения. Египтяне, к примеру, начинали день с восходом, а иудеи, наоборот, после захода солнца.

Последнее нашло свое отражение в первой главе Бытия, где описаны дни творения. В Бытии (1: 5) сказано: «И был вечер, и было утро, день один». Вечер (то есть ночь) идет раньше утра (то есть дня), значит, день начинается с заходом солнца.

Эта установка сохранилась в иудаизме до настоящего времени, и иудейские праздники по сей день начинаются «накануне вечером». Христианство возникло как ответвление иудаизма, и упомянутое выше правило начинать после захода солнца распространилось на некоторые не имевшие отношения к иудаизму праздники и действует до сих пор.

Выражение «канун Рождества», если его понимать буквально, означает вечер 25 декабря. Но на самом деле это означает вечер 24 декабря. В этом нет ничего удивительного, если подойти к празднованию с позиций иудаизма и

начать его накануне вечером. То же самое относится и к Новому году.

Еще один знакомый пример — канун Дня Всех Святых вечер, предшествующий дню этого праздника. День Всех Святых отмечается 1 ноября, а его канун — вечером 31 октября. Последний более известен под названием Хеллоуин.

Между прочим, ни восход, ни заход в настоящее время не является началом дня. Период от восхода до восхода несколько больше 24 часов в течение полугода, когда день укорачивается, и немного меньше 24 часов на протяжении другой половины года, когда день удлиняется. Это утверждение также справедливо для периода от захода до захода.

Восход и заход всегда «движутся» в противоположных направлениях: они или сближаются, или удаляются друг от друга. А вот полдень и полночь на протяжении всего года занимают фиксированное положение с промежутком ровно в 24 часа. (В действительности отклонения имеются, но они малозначительны, и ими можно пренебречь.)

При желании можно решить, что началом суток является полдень, и вести от него постоянный отсчет 24-часовых циклов. Но тогда рабочий день окажется разделенным между двумя разными датами. Поэтому лучше начать отсчет дня в полночь, когда все порядочные люди спят. Мы так и делаем.

Астрономы, которые зачастую оказываются среди непорядочного меньшинства, не находящегося в полночь в своих уютных постелях, всегда считали, что их сутки должны начинаться в полдень, чтобы не относить ночные наблюдения к двум разным датам. Но они сдались и в 1925 го-

ду согласились на очевидное для себя неудобство начала суток в полночь, как это делал весь остальной мир.

Все единицы времени меньше суток зависят от суток: отсчет часов начинается с началом суток, минут — с началом каждого часа и т. д.

Разумется, если сдвинуть начало суток, это отразится и на подсчете часов. Первоначально 24 часа были строго разделены между днем и ночью. Каждая часть суток получила по 12 часов, начиная, соответственно, с восхода и захода. Часы изменяли свою длину с изменением фактической продолжительности дня и ночи, поэтому в июне (в Северном полушарии) день состоял из 12 «длинных» часов, а ночь — из 12 «коротких» часов. В декабре все было наоборот.

Этот метод подсчета часов все еще жив у католиков. Я имею в виду «канонические часы». Там «прайм» (один) — обозначает 6 часов утра, «тирс» (три) — 9 часов утра, «секст» (шесть) — 12 часов, «нан» — 3 часа дня. Обратите внимание, что «нан» приходится на послеполуденное время, то есть на самую теплую часть дня. Самое теплое время вполне можно считать серединой дня. Слово претерпело некоторые трансформации, привязку к астрономическому полудню, и сейчас 12 часов дня мы называем «нун» — полдень.

Старый метод подсчета часов играет роль в одной из притч о жизни Иисуса, в которой работников нанимают в разное время дня, включая «одиннадцатый час». Этот одиннадцатый час, о котором говорится в притче, — час перед заходом солнца, когда заканчивается рабочий день.

По этой причине «одиннадцатый час» означает последний срок, когда еще можно что-то сделать. Это выражение для нас не вполне понятно, поскольку мы имеем дело только с 11 часами утра или вечера. 11 часов утра — слишком рано для опасений что-то не успеть, а 11 часов вечера — позднее время, пригодное только для сна.

Неделя впервые появилась в вавилонском календаре. В ней один день из семи был посвящен отдыху. Основная причина заключалась в том, что этот день считался несчастливым.

Иудеи, плененные в Вавилоне в VI веке до н. э., подхватили это начинание и подвели под него религиозную основу. Правда, теперь день отдыха стал днем радости, о его несчастливой подоплеке как-то позабыли. Объяснение этому найдено в Бытии (2: 2), где сказано: «И совершил Бог к седьмому дню дела Свои, которые Он делал, и почил в день седьмый от всех дел Своих, которые делал». В этот день Бог отдыхал.

Для тех общественных формаций, которые считают Библию Книгой книг, иудейское слово «sabbath» (отдых) определило седьмой, последний день недели. В наших календарях он назван субботой, а воскресенье поэтому является первым днем новой недели. Во всех наших календарях дни располагаются в семи строках, причем воскресенье является первым днем, а суббота — седьмым.

Первые христиане придавали первому дню новой недели особое значение. Во-первых, это «Божий день»: именно в этот день произошло Воскресение. Кроме того, со временем, когда

христиане начали понимать самостоятельное значение своей религии, перестав быть ветвью иудаизма, они пожелали иметь собственные праздники и обряды. И в христианских обществах воскресенье, а не суббота стало днем отдыха. (В наше время оба дня — суббота и воскресенье — стали выходными, объединившись под общим названием *конец недели*. В этот период особенно много автомобильных аварий.)

Тот факт, что рабочая неделя начинается в понедельник, дает подавляющему большинству людей уверенность, что этот день является началом недели. По этому поводу существует известная детская шутка. Я упоминаю о ней, потому что сам однажды попался в нехитрую ловушку.

Ты просишь избранную тобой жертву произнести «ту, туу, тууу». Твой собеседник выполняет просьбу, недоумевая, в чем заключается ловушка. Затем ты предлагаешь ему произнести название второго дня недели. Он соображает, что ты ожидаешь от него слова «туузди»¹, и радостно выговаривает «тьюзди»². После этого ты можешь взглянуть на своего собеседника с изрядной долей удивления и задумчиво ответить: «Странно, а я всегда произносил это слово «манди»³.

Месяц, «привязанный» к Луне, в древности начинался в строго определенной ее фазе. Теоретически для этого подошла бы любая фаза. Месяц мог бы начинаться в полнолуние или в первой четверти и т. д. Логичнее всего начинать каждый месяц в новолуние, то есть в вечер, ког-

¹ Искаж. *англ.* Tuesday — вторник. (*Примеч. пер.*)

² Более правильное произношение *англ.* Tuesday. (*Примеч. пер.*)

³ Понедельник (*англ.*). (*Примеч. пер.*)

да первая полоска молодого месяца становится видимой сразу после захода солнца. Для примитивного индивидуума, проявляющего склонность к логическому мышлению, в это время рождается новая Луна, поэтому и новый месяц должен родиться в это же время.

В наше время месяц освободился от Луны и стал неразрывно связан с годом, который основывается на движении Солнца. В нашем календаре в обычные годы первый месяц начинается в первый день года, второй — на 32-й день, третий — на 60-й день и т. д., совершенно независимо от фаз Луны. (В високосный год все месяцы, начиная с третьего, начинаются на день позже из-за наличия 29 февраля.)

Ну так как насчет года? Когда он начинается и почему?

В первобытном земледельческом обществе люди, по всей вероятности, осознавали год как смену сезонов. Весна, лето, осень и зима были утром, полуднем, вечером и ночью года, и, как в случае с сутками, имелось два равноправных претендента на почетное звание начала года.

Рабочий год начинался весной, когда к земле возвращается тепло и можно начинать сев. Почему бы заодно не считать весну началом года вообще? Но с другой стороны, осень — это конец рабочего года, период сбора урожая (если он, конечно, вырос, на что все члены общества искренне надеялись). Быть может, после завершения рабочего года должен начинаться новый?

С развитием астрономии начало весны начали связывать с днем весеннего равноденствия (см. главу 4), который в нашем календаре вы-

падает на 20 марта, а приход осени — с днем осеннего равноденствия, которое наступает полгода спустя 23 сентября.

Одни выбирали в качестве начальной точки день весеннего равноденствия, другие — осеннего. У иудеев оба этих события ассоциировались с Новым годом. Весенним равноденствием начинался месяц нисан. В середине этого месяца празднуется еврейская Пасха, связанная с днем весеннего равноденствия.

Согласно Евангелию, распятие и воскрешение Христа произошли во время празднования Пасхи, Святая пятница и сама Пасха также связаны с днем весеннего равноденствия (см. главу 1).

Иудеи праздновали Новый год в первые два дня тишри, попадающие на период осеннего равноденствия. И этот факт является чрезвычайно важным. Сегодня евреи отмечают Рош Хашонах (начало года), этот праздник более известен как еврейский Новый год.

Более поздний пример связи Нового года и дня осеннего равноденствия дала нам Французская революция. 22 сентября 1792 года была свергнута французская монархия и провозглашена республика. Революционеры-идеалисты искренне верили, что новой эпохе в истории человечества, начало которой они положили, совершенно необходим новый календарь. Они постановили считать 22 сентября днем начала нового года и составили новый список месяцев. Первый месяц получил название вандемьер, а 22 сентября 1792 года стало 1 вандемьера.

В течение 13 лет день 1 вандемьера считался официальным началом нового года, установленным французским правительством. Однако новый календарь не нашел последователей за пре-

делами страны. Впрочем, не прижился он и на территории Франции. В 1806 году Наполеон отказался от продолжения борьбы за его введение и восстановил старый календарь.

Помимо осеннего и весеннего равноденствия существуют еще два немаловажных события, связанные с движением Солнца. После весеннего равноденствия полуденное Солнце продолжает подниматься выше и достигает 21 июня максимальной высоты — точки летнего солнцестояния (см. главу 4). Этот день имеет самую большую долготу светового дня.

Затем высота полуденного Солнца начинает уменьшаться, оно проходит точку осеннего равноденствия и продолжает опускаться, занимая 21 декабря минимальную высоту. Это точка зимнего солнцестояния, а день — самый короткий в году.

Летнее солнцестояние особого значения не имеет. Почти в это время, 24 июня, англичане празднуют Иванов день, знаменующий середину лета. Это время игр и беззаботного веселья, глупостей и даже безумств. Пьеса Шекспира «Сон в летнюю ночь» посвящена именно таким легкомысленным летним развлечениям. Вероятно, именно оттуда пошло выражение «летнее безумие».

Зимнее солнцестояние — событие значительно более серьезное. С каждым днем Солнце опускается все ниже и ниже. У первобытного человека, незнакомого с незыблемыми законами астрономии, вполне могло создаваться впечатление, что на этот раз светило будет продолжать падение и исчезнет с небосклона навсегда. В этом случае весна не наступит, и жизнь на Земле погибнет.

По этой причине, когда «падение» Солнца 21 декабря прекращалось, после чего начиналось движение в обратном направлении, люди неиз-

менно чувствовали большое облегчение и радость: для этого был повод. Со временем в этот период начали устраиваться грандиозные религиозные празднества.

Наиболее известными из них являются декабрьские торжества, устраиваемые римлянами. Праздники организовывались в честь Сатурна (древнего итальянского бога сельского хозяйства) и назывались «сатурналиями». Это было время безудержного веселья и подарков, хорошего настроения и добрых пожеланий друг другу. Даже рабы получали в этот период относительную свободу. На сатурналиях столы всегда ломались от яств, а вино лилось рекой.

С тех пор сатурналиями называют шумные празднества, не признающие никаких ограничений.

Вполне логично было бы начать новый год в день зимнего солнцестояния, который знаменует, если можно так сказать, рождение нового Солнца. (Как первое появление молодого месяца после захода Солнца отмечает рождение новой Луны.) Возможно, нечто подобное имел в виду Юлий Цезарь, переделывая римский календарь (см. главу 1).

Римляне обычно начинали свой год 15 марта («мартовские иды»). Первоначально предполагалось, что это событие совпадет с весенним равноденствием, но из-за наплевательского отношения римлян к своему календарю со временем эти дни разошлись далеко друг от друга. Цезарь поправил ситуацию и переместил начало года на 1 января, вплотную приблизив его к зимнему солнцестоянию.

Обычай начинать год в день зимнего солнцестояния не стал всеобщим. В Англии и американ-

ских колониях 25 марта, считавшееся днем весеннего равноденствия, оставалось официальным началом года вплоть до 1752 года. Только тогда Новый год был передвинут на 1 января.

Следует отметить, что появление нового Солнца оказывает разностороннее влияние. В дни расцвета Римской империи набирающее силы христианство обнаружило наиболее опасного соперника в лице митраизма — возникшего в Персии культа солнца. Центральной фигурой в многочисленных обрядах и ритуалах являлся Митрас, олицетворявший Солнце. Его день рождения отмечался 25 декабря, очень близко к дню зимнего солнцестояния. Время для праздника было довольно удачным. Тем более, что римляне уже привыкли к проводимым в это время сатурналиям.

Со временем христианство одержало убедительную победу над митраизмом, объявив 25 декабря днем рождения Иисуса (между прочим, в Библии нет подтверждений этому факту). Таким образом, на период зимнего солнцестояния приходится рождение не только Сына Божьего, но и Солнца. В наши дни существуют некоторые моралисты (среди них и я), которые находят в современном праздновании Рождества слишком много от былых римских сатурналий, что, на мой взгляд, весьма непристойно.

Но где же начало летоисчисления? Не спорю, нумеровать годы довольно удобно, но с чего начинать? В глубокой древности, когда понимание истории еще не было развито, можно было начинать нумерацию с восшествием на престол очередного короля. Тогда с появлением каждого

нового правителя нумерацию приходилось бы начинать сначала. Если же городом управлял ежегодно меняющийся магистрат, можно было обойтись без чисел вообще, давая году название по имени магистрата. В Афинах, к примеру, годы носили имена архонтов.

В Библии даты указывались следующим образом: в Первой книге Царств (16: 1), например, сказано: «В семнадцатый год Факея, сына Ремалииша, воцарился Ахаз, сын Иофама, царя Иудейского».

А у Луки (2: 2) время переписи, когда родился Иисус, обозначено только следующим образом: «И эта перепись была первая в правление Квириния Сириею».

Если у вас нет списка королей и магистратов с указанием длительности правления каждого или вы не знаете, как соотнести его с аналогичным перечнем, касающимся другого региона, вы не сможете определить нужную вам дату. Именно по этой причине многие древнейшие даты не известны точно, даже дата столь важного события, как рождение Христа.

Значительно проще выбрать дату значительного события в прошлом и нумеровать годы начиная с нее, не повторяя этот процесс.

Греки для этой цели использовали Олимпийские игры. Они проводились каждые четыре года, поэтому четырехлетний цикл именовался «Олимпиада». Олимпиады нумеровались последовательно, а конкретный год был первым, вторым, третьим или четвертым годом определенной Олимпиады.

Такая система была достаточно сложной, и после Александра Великого в нее были внесены значительные усовершенствования. Древний Во-

сток был завосван полководцами Александра, причем один из них, Селевк, одержал победу над другим при Газе. После этой победы Селевк стал правителем значительной части Азии. Он решил вести отсчет лет начиная с этой битвы, которая произошла на первом году 117-й Олимпиады. Этот год стал первым годом «эры Селевкидов», а все последующие годы нумеровались очень просто: 2, 3, 4, 5-й и т. д.

Эра Селевкидов имела необыкновенно важное значение в истории — ведь Селевк и его потомки правили Иудеей, которая также приняла эту систему летоисчисления. Даже после того, как евреи под предводительством Маккавея освободились от гнета Селевкидов, они продолжили использовать эту систему, датируя многочисленные торговые сделки, которые вели в разных уголках Древнего мира. Привязав эти коммерческие записи к всевозможным местным системам летоисчисления, можно установить время многих из них с достаточной степенью точности.

Самой значительной системой летоисчисления Древнего мира считается «римская эра». В ней отсчет лет ведется от года основания Рима. По традиции этот год считался 4-м годом 6-й Олимпиады, он же стал 1-м годом А.У.С. (А.У.С. — Anno Urbis Conditae — год основания города).

В этой системе летоисчисления битва при Заме, в которой Ганнибал потерпел сокрушительное поражение, произошла в 553 году А.У.С., Юлий Цезарь был убит в 710 году А.У.С. и т. д. Она получила широкое распространение в Древнем мире и просуществовала до раннего Средневековья.

Первые христиане, желающие показать, что их библейские записи предшествовали указан-

ным в греческих и римских источниках, решили начать отсчет лет с более ранней даты, чем основание Рима и начало Олимпийских игр. Историк и религиозный деятель Эвсебий из Цезарии, живший примерно в 1050 году А.У.С., подсчитал, что патриарх Авраам родился за 1263 года до основания Рима. Он присвоил этому году номер 1, а 1050 год А.У.С. стал 2313 годом эры Авраама.

Когда Библия заняла прочное место в жизни западного мира, стало возможно довести дело до логического завершения и начать вести отсчет лет с сотворения мира. Средневековые иудеи подсчитали, что сотворение мира имело место за 3007 лет до основания Рима, в христианских источниках приводятся разные числа — от 3251 до 4755 лет до основания Рима. Поэтому существует несколько разных «земных эр». Иудейская земная эра по сей день является основой еврейского календаря, и в сентябре 1964 года начинается 5725 иудейский год.

Земные эры имели одно неоспоримое достоинство. Они начинаются достаточно давно, поэтому очень немногие известные исторические события произошли ранее, то есть имеют отрицательные даты. К «римской эре» это утверждение не относится. Начало олимпийского движения, Троянская война, правление Давида, строительство пирамид — все это было до основания Рима, и даты этих событий величины отрицательные.

Римлянам это ничуть не мешало, древних не слишком волновали понятия времени и исторического процесса. Эта проблема касается лишь

современных историков. Следует признать, что у них было бы куда больше головной боли, если бы летоисчисление «римской эры» сохранилось до наших дней.

Около 1288 года А.У.С. сирийский монах по имени Дионисий, работавший с церковными и светскими записями, подсчитал, что Иисус родился в 754 году А.У.С. Эта дата показалась ему подходящей для начала отсчета лет. Спустя два с половиной века после Дионисия это и было сделано.

754 год А.У.Д. стал 1-м годом нашей эры. Если вести отсчет в «христианской эре», Рим был основан в 753 году до н. э., первая Олимпиада была проведена в 776 году до н. э., династия Селевкидов начала править в 312 году до н. э. и т. д.

Именно такая система летоисчисления используется сегодня. Это означает, что даты всех событий древнейшей истории являются отрицательными. Мы должны навсегда запомнить, что Цезарь был убит в 44 году до н. э., а следующим за этим годом является 43-й, а не 45-й.

В действительности все обстоит хуже. Дело в том, что Дионисий ошибся в расчетах. Матфей (2: 1) утверждает, что «Иисус родился в Вифлееме Иудейском во дни царя Ирода». Этот царь, прозванный Иродом Великим, родился около 681 года А.У.С. и был сделан царем Иудеи Марком Антонием в 714 году А.У.С. Он умер (дата его смерти известна довольно точно) в 750 году А.У.С. Поэтому Иисус никак не мог родиться позже этого года.

750 год А.У.С. по системе Дионисия — это 4 год до н. э. В многочисленных источниках можно найти указание на то, что Иисус родился в 4 году до н. э.

Нет никаких оснований утверждать, что Иисус родился именно в год смерти Ирода. У Матфея (2: 16) сказано, что Ирод, желавший убить младенца Иисуса, приказал «избить всех младенцев в Вифлееме и во всех пределах его от двух лет и ниже». Это означает, что Иисусу было два года, в то время как Ирод был еще жив. Значит, он мог родиться в 6 году до н. э. В некоторых источниках утверждается, что это великое событие произошло в 17 году до н. э.

В результате я должен с грустью признать, что, хотя всегда предпочитаю начинать сначала, не всегда возможно точно установить, где это начало находится.

Глава 3

ПРИЗРАЧНЫЕ ЛИНИИ В НЕБЕ

Мой сын с большим трудом терпит издевательства одноклассников над своей фамилией. Мое объяснение, что фамилия Азимов, если ее правильно произносить, звучит очень благородно, как звук удара меча о щит во времена рыцарей, его совершенно не удовлетворяет. Враждебный блеск его глаз ясно показывает, что он считает моим святым долгом отца немедленно изменить эту песнопную фамилию на привычную Смит или Браун.

Я ему искренне сочувствую, потому что тоже в свое время потерпелся из-за фамилии.

Мне вспоминается служба в армии. Нас обучали читать карту, что было гораздо лучше, чем бесцельная стреловая подготовка. Но тут сержант произнес роковое слово «азимут», и все физиономии моментально повернулись в мою сторону.

Я с ужасом взирал на своих коллег, осваивающих со мной азы военного ремесла, понимая, что они неожиданно получили повод для развлечения. Но уже ничего нельзя было сделать. В течение долгих месяцев после этого я оставался Айзеком Азимом, причем каждый солдат, назвавший меня этим именем, искренне считал себя обладателем острого чувства юмора. Но я постоянно повторял себе (перефразирую знаменитого американского поэта): «Это армия, мистер Азимов».

Мне все-таки удалось выжить.

И теперь я испытываю приятное чувство мести, подробно объясняя вам, уважаемые читатели, что такое азимут.

Все начинается с направления. Первый, самый примитивный и самый продуктивный способ обозначения направления — это показать его. «Они пошли туда-то». И все становится ясно. Или можно использовать какой-нибудь всем известный ориентир. «Направлю-ка я их к ущелью».

Хорошо, если вы имеете дело с небольшим участком земной поверхности, с которым хорошо знакомы вы и ваши друзья. Когда же площадь этого участка многократно увеличивается, возникает необходимость найти методы указания направления вне зависимости от местного рельефа, являющиеся одинаковыми для любого места на Земле.

Очевидным является использование направления восходящего и заходящего Солнца (эти направления день ото дня изменяются, но всегда можно взять среднее значение за определенный промежуток года). Это противоположные направления, которые мы называем *восток* и *за-*

над. Другая пара противоположных направлений располагается перпендикулярно названным, они называются *север* и *юг*.

Если в каком-то месте определены север, юг, запад и восток (это могло быть сделано довольно точно даже в доисторические времена, достаточно было внимательно наблюдать за движением Солнца), в принципе ничто не мешает определить более точные направления. Мы можем установить направление на северо-восток, северо-северо-восток и т. д.

Имея компас, вы можете пройти определенное расстояние и попасть туда, куда вам нужно. Более того, при желании вы можете составить карту поверхности Земли. Для этого вы начинаете движение в определенной точке, проходите известное расстояние в выбранном направлении в другую точку и наносите ее (в масштабе) на карту. Затем вы повторяете то же самое с третьей точкой, четвертой, пятой и т. д. Таким образом, вся поверхность планеты может быть нанесена на глобус с доступной вам степенью точности.

Тот факт, что такая операция может быть выполнена в принципе, является слабым утешением, поскольку для этого потребуется миллион людей и не меньше лет. Кстати, компас стал известен на Западе только в XIII веке; греческие географы, желавшие составить карту земной поверхности, пользовались другими приборами.

Можно зафиксировать положение Солнца в полдень, то есть точно на полпути между восходом и заходом. В любой день на Земле найдутся точки, в которых Солнце будет находиться в полдень прямо над головой. Древние греки знали, что это явление наблюдается на юге Египта

в конце июня. Однако в Европе таких точек нет. Солнце всегда располагается немного сбоку.

Это легко объясняется, если учесть, что Земля имеет форму сферы. Тогда без всякого труда можно установить, что все точки на Земле, в которых Солнце в полдень находится на одинаковом расстоянии от своего высшего положения, располагаются на одной линии, проведенной в направлении восток — запад. Такую линию можно нанести на карту и использовать для определения других точек. Первым это сделал ученик Аристотеля Дикарх, живший в 300 году до н. э.

Такая линия называется *широтой*. Если, как это принято, поместить север вверху географической карты, линии широты будут располагаться по ее ширине.

Таким образом можно определить положение некоторого числа линий широты. Все они идут в направлении восток — запад и огибают земную сферу на определенном расстоянии друг от друга, являясь параллельными. Поэтому их еще называют параллелями.

Чем ближе параллели к полюсам, тем меньший круг они описывают. (Если у вас есть глобус, убедитесь в этом.) Самая длинная параллель расположена на равном расстоянии от полюсов, она описывает круг самого большого диаметра. Поскольку она разделяет Землю на две одинаковые половины, северную и южную, ее называют *экватором* (от латинского слова *aequator* — равный).

Если бы Землю разрезали по экватору, сечение прошло бы через центр Земли. Значит, экватор — «большой круг». Каждая сфера имеет бесконечное количество больших кругов, но из них экватор — единственная параллель.

Способ измерения параллелей в градусах привился довольно быстро. Окружность сферы обычно разбивают на 360 градусов. Путешествуя от экватора к Северному полюсу, вы покрываете четверть окружности Земли, то есть 90 градусов. Поэтому, если считать экватор 0-й параллелью, через полюс проходит параллель 90°. Иными словами, параллели изменяются от 0° на экваторе до 90° на Северном полюсе.

Если вы продолжите путешествие вокруг Земли, пройдете Северный полюс и снова направитесь к экватору, то пересечете те же параллели, но в обратном порядке — от 90° до 0°. При этом вы окажетесь в точке, диаметрально противоположной той, где вы начали свой путь. Пройдя экватор, вы пересечете второй «комплект» параллелей, огибающих Южное полушарие глобуса, двигаясь сначала от 0° до 90° на Южном полюсе, а затем снова к 0°. И придете к той точке на экваторе, откуда вышли.

Чтобы различать координаты от 0° до 90° к Северному полюсу и аналогичные — к Южному полюсу, введены понятия северной широты и южной широты. Например, Филадельфия и Пенсильвания располагаются на 40-м градусе северной широты, а Чили — на 40-м градусе южной широты.

Однако параллели не могут определить точку на земной поверхности. Когда мы говорим, что Кито в Эквадоре располагается на экваторе, мы только утверждаем, что он находится на окружности, имеющей длину 25 000 миль.

Для более точного определения нам необходим набор линий на карте, следующих в направ-

лении север — юг. На обычных картах они идут сверху вниз и называются линиями долготы.

Если в определенной точке земной поверхности полдень, такое же время во всех точках, расположенных на проходящей через нее линии север — юг. Это легко показать, если представить Землю вращающейся сферой. Поэтому линия, проведенная в направлении север — юг, еще называется *меридианом* (от латинского слова *meridianus* — полуденный).

Каждый меридиан тянется на север и юг, достигая Северного и Южного полюсов. Все меридианы сходятся в полюсах, а наибольшее расстояние между ними — на экваторе. Это очень похоже на линии, ограничивающие дольки мандарина. Если представить, что Земля разрезана на две части вдоль линии любого меридиана, сечение обязательно пройдет через центр Земли; следовательно, *все меридианы являются большими кругами и каждый имеет длину около 25 000 миль.*

К 200 году до н. э. на карты, составленные греками, уже были нанесены параллели и меридианы. Однако нанести линии координатной сетки *точно* было весьма непросто. Впрочем, с широтой все было нормально. Для ее определения следовало только измерить среднюю высоту полуденного солнца или (что даже предпочтительнее) Северной звезды. Такие измерения во времена древних греков не могли быть проведены так точно, как в наши дни, но обладали достаточной точностью, чтобы получить приемлемый результат.

С долготой дела обстояли иначе. Для ее определения следовало знать время дня. Необходи-

мо было иметь возможность сравнить время, когда Солнце или другая звезда (Солнце — это звезда) находится в высшей точке над местным меридианом, с тем, когда оно так располагается над другим меридианом. Если звезда проходит над меридианом Афин в Греции в определенное время, а над меридианом Мессины на Сицилии на 32 минуты позже, то Мессина расположена на 8 градусов долготы западнее Афин. Иными словами, нужны были очень надежные часы, способные производить измерения с точностью до долей минуты в течение длительного времени на значительных расстояниях друг от друга, одновременно учитывая вращение Земли.

В древности таких приборов не существовало, поэтому даже самые лучшие географы тех времен путали меридианы. Эратосфен из Кирен, живший в Александрии в 200 году до н. э., считал, что меридиан, который проходит через Александрию, также проходит и через Византию (в настоящее время — турецкий город Стамбул). Этот меридиан в действительности пролегает в 70 милях от Стамбула. Таких погрешностей было довольно много, причем они увеличивались по мере удаления от места проведения измерений.

Конечно, если была известна длина окружности Земли (Эратосфен сам ее и рассчитал), можно было вычислить расстояние (в направлении восток — запад) между меридианами. Например, на экваторе один градус долготы равен примерно 69,5 миль, а на широте 40° (к югу или к северу от экватора) он уменьшается до 53,2 миль и т. д. Однако точные измерения расстояний в условиях гористой местности чрезвычайно сложны, ничуть не легче этот процесс в открытом море.

Все было более или менее нормально до тех пор, пока европейцы не начали строить корабли и выходить на них в море. Вот тогда проблема проявилась во всей остроте. Капитаны никогда точно не знали, где находится их корабль, а найти порт помогало по большей части не штурманское мастерство, а молитва. В 1598 году Испания, являвшаяся в те времена главной морской державой, предложила награду тому, кто изобретет прибор для измерения времени, который можно использовать на борту корабля. Однако награда так никому и не была вручена.

В 1656 году голландский астроном Христиан Хигенс изобрел маятниковые часы – первый точный прибор для измерения времени. Правда, его можно было использовать только на суше. Бортовая и килевая качка, неизбежная на корабле, мешала равномерному движению маятника.

После 1600 года главной морской державой стала Великобритания. В 1675 году Карл II основал в Гринвиче обсерваторию для ведения астрономических наблюдений, необходимых для точного определения долготы.

Но хороший прибор для измерения времени пока так и не появился. В 1714 году британское правительство предложило целое состояние (по тем временам) – 20 000 фунтов стерлингов тому, кто изобретет точные часы, способные работать на корабле.

За дело взялся Джон Гаррисон – самоучка из Йоркшира, очень талантливый механик. Начиная с 1728 года он построил серию из 5 часов – одни лучше других. Все они не реагировали на движение корабля и шли в море точнее, чем другие часы на земле. Одни из них, проведя пять месяцев в море, отстали только на 1 минуту. Первые часы

Гаррисона были слишком тяжелыми и громоздкими, чтобы найти применение, зато пятые имели вполне приемлемые размеры.

Британский парламент постоянно затягивал выплату Гаррисону заслуженного вознаграждения, требуя проведения все новых испытаний. Вероятно, это происходило потому, что создатель так необходимых миру часов был провинциальным механиком-самоучкой, а не блестящим ученым джентльменом из Королевского общества. Однако делом лично заинтересовался король Георг III, который поддержал Гаррисона, и тот в конце концов получил награду. Правда, произошло это уже в 1765 году, когда механику изрядно перевалило за 70.

Только в последние 200 лет нанесение сетки линий параллелей и меридианов на карту было выполнено с достаточной степенью точности.

Даже после того, как стало возможным точное измерение долготы, проблема осталась нерешенной: не существовало природной базы для отсчета, похожей на экватор. Поэтому у разных народов существовали свои системы долгот, причем обычно «нулевой долготой» считался меридиан, проходящий через местную столицу. Такое положение могло сбить с толку даже самых опытных мореплавателей.

Чтобы найти приспосабливаемый для всех выход, в 1884 году в Вашингтоне была проведена Вашингтонская меридиональная конференция с участием представителей крупнейших морских держав. На ней было принято решение считать базой отсчета Гринвичскую обсерваторию, тем более что Великобритания в то время была истинной вла-

стителницей морей. Меридиан, проходящий через Гринвич, было решено считать нулевым.

К западу и востоку от него долгота теперь выражалась градусами западной и восточной долготы. На противоположной стороне земного шара они снова встречались, образуя 180-й меридиан, проходящий через центральную часть Тихого океана.

Каждый градус широты, как и долготы, разбит на 60 минут ('), каждая минута — на 60 секунд ("), секунды можно делить на десятые, сотые доли и т. д. С помощью долготы и широты можно однозначно определить местонахождение любой точки на карте. Например, Лос-Анджелес расположен на $34^{\circ}03'15''$ северной широты, $118^{\circ}14'28''$ западной долготы.

Северный и Южный полюса не имеют долготы, поскольку в них сходятся все меридианы. Положение Северного полюса определяется одной координатой — 90° северной широты. Аналогично 90° южной широты определяют Южный полюс.

Долготу можно выразить не градусами, а временем. Полные сутки, состоящие из 24 часов, равномерно распределяются по 360 градусам долготы. Это значит, что 15° долготы между двумя точками разделяют их на 1 час по местному времени. Если на нулевом меридиане полдень, на 15° восточной долготы 13 часов, а на 15° западной долготы — 11 часов.

Если мы обозначим начальный меридиан 0:00:00, в западном направлении время будет прибавляться, а в восточном — уменьшаться. Каждые 15° западной долготы дадут прибавку +1:00:00 час, а каждые 15° восточной долготы дадут -1:00:00 час.

Поскольку Нью-Йорк располагается на $73^{\circ}59'39''$ западной долготы, там на 4 часа 55 минут 59 секунд раньше, чем в Лондоне, и его долгота можно обозначить $+4:55:59$. Аналогично долгота Лос-Анджелеса, расположенного западнее, $+8:04:48$.

Таким образом, каждая точка на планете, за исключением полюсов, может быть однозначно определена своей широтой и временем. Северный и Южный полюса имеют только широту и не имеют местного времени, так как не имеют меридианов. Конечно, это не означает, что на полюсах не существует понятия времени. Просто система измерения местного времени, работающая в любой точке на планете, на полюсах отказывает. Там могут с успехом применяться другие системы. К примеру, на одном полюсе можно принять гринвичское время, а на другом — время 180-го меридиана.

На глобусе принято обозначение широты и долготы в градусах. А система выражения долготы временем используется для установления на планете часовых поясов. 180° становится «линией смены дня» (она слегка искривлена для удобства). В этом плане возможны разные забавные парадоксы, но об этом как-нибудь в другой раз.

А как насчет составления карты звездного неба? Эта проблема заинтересовала астрономов даже раньше, чем возникла необходимость составления карты Земли. Ведь человек, находящийся в данное время в данном месте, видит только небольшую часть земной поверхности, а небо значительно больше доступно для обозрения.

Проще всего отобразить на карте небесную сферу как продолжение земной сферы. Если воображаемую земную ось продлить в пространстве до пересечения с небесной сферой, мы получим *северный небесный полюс* и *южный небесный полюс*.

Создается впечатление, что небесная сфера вращается с востока на запад вокруг земной оси, но это лишь отражение действительного вращения Земли с запада на восток вокруг своей оси. Поэтому северный и южный небесные полюса являются неподвижными и не участвуют во вращательном движении. Точно так же Северный и Южный полюса не принимают участия во вращении Земли.

В самом ближайшем соседстве с северным небесным полюсом находится очень яркая Полярная звезда, ее же называют Северной звездой. Она всего лишь на градус в стороне от точки полюса и описывает вокруг него каждый день небольшую окружность. Радиус этой окружности настолько мал, что наблюдателю с Земли звезда кажется неподвижной. Именно по ней определяют направление на север, а значит, и все остальные направления. До появления компаса эта звезда являлась главным ориентиром для путешественников.

Воображаемые линии отсчета на Земле можно продолжить на небо. Таким образом, оно тоже окажется покрыто сеткой прозрачных линий. Там будет свой небесный экватор, образующий большой круг на равном расстоянии от небесных полюсов, небесные параллели (широта) и меридианы (долгота).

Небесная широта называется склонением и измеряется в градусах. Северная половина небесной сферы (северная небесная широта) имеет склоне-

ние, выраженное положительной величиной, южная половина (южная небесная широта) имеет склонение, выраженное отрицательной величиной. Таким образом, Полярная звезда имеет склонение 89° , Поллукс — около 30° , Сириус — ориентировочно -15° , Акрукс (самая яркая звезда созвездия Южный Крест) имеет склонение -60° .

Небесная долгота называется подъемом небесных тел над горизонтом небесной сферы. Небо имеет собственный начальный меридиан, положение которого оказалось менее случайным, чем земного. Во всяком случае, споров по этому поводу было гораздо меньше. Плоскость орбиты Земли, вращающейся вокруг Солнца, пересекает небесную сферу по большому кругу, названному эклиптическим (см. главу 4). А нам кажется, что Солнце движется по этой траектории.

Поскольку ось Земли наклонена к плоскости ее орбиты под углом $23^\circ 5'$, между двумя большими кругами — эклиптики и небесного экватора — тот же самый угол. Эклиптический круг пересекает небесный экватор в двух точках. Когда Солнце находится в одной из них, день и ночь имеют одинаковую длину (по 12 часов) на всей Земле. Это точки равноденствия (от латинского выражения *одинаковые ночи*).

Одну из этих точек Солнце проходит, когда движется от отрицательного к положительному склонению, — это весеннее равноденствие. Оно наступает 20 марта и знаменует начало весны в Северном полушарии, в котором проживает подавляющая часть земного населения. Другую точку Солнце проходит, двигаясь от положительного к отрицательному склонению, — это осеннее равноденствие. Оно наступает 23 сентября и знаменует приход в Северное полушарие осени.

Точка весеннего равноденствия находится на небесном меридиане. Это 0° подъема. Небесная долгота измеряется отсюда только в восточном направлении (в градусах или часах), пока не достигнет 360° .

Таким образом, местонахождение звезды определяется ее склонением и подъемом, а любой точки земной поверхности — ее широтой и долготой. В принципе измерения похожи.

Однако есть и разница. Начальный меридиан на Земле неразрывно связан со временем, поэтому долгота точки на земной поверхности день ото дня не изменяется. Но земная ось все же медленно вращается, делая оборот за 25 800 лет, и по этой причине небесный экватор медленно перемещается; точки, в которых он пересекается с линией эклиптики, постепенно отодвигаются в западном направлении.

Точка весеннего равноденствия двигается на запад, описывая полный круг за 25 800 лет; поэтому каждый год весеннее равноденствие наступает на мгновение раньше. Фактически равноденствие немного предваряет теоретическое время, и это явление называется предварением равноденствий.

Точка весеннего равноденствия перемещается на запад, а подъем всех тел на небесной сфере, измеряемый от точки весеннего равноденствия, увеличивается. Если мои расчеты верны, скорость составляет $\frac{1}{7}$ секунды в день.

Система определения местонахождения точек в небе называется экваториальной, поскольку основывается на положении небесного экватора и небесных полюсов.

Можно описать другую систему, базовой точкой которой является сам наблюдатель. Вместо северного небесного полюса, определяемого вращением Земли, мы можем взять произвольную точку, расположенную прямо над своей головой. У каждого человека на Земле над головой своя точка, хотя, если люди находятся в густонаселенном районе, разница между этими точками совершенно незначительна.

Точка над головой — это зенит (слово пришло к нам от древних арабов). Точка, расположенная напротив нее, — в той части небесной сферы, которая находится с противоположной стороны Земли, — называется надир (также арабское слово).

Большой круг, описываемый вокруг небесной сферы на равных расстояниях от зенита и надир, — горизонт (от греческого слова *пограничный*). И действительно, для нас горизонт кажется границей между небом и землей, особенно в местах, где поверхность плоская, например над уровнем моря. Такая система определения положения точек в небе называется горизонтальной.

Большой круг (север — юг), движущийся от горизонта к горизонту через зенит, — это меридиан. Большой круг, движущийся от горизонта к горизонту через зенит и образующий прямой угол с меридианом, — это «начальная вертикаль».

Высота точки в градусах (положительных) над горизонтом или отрицательных — под горизонтом — называется высотой над уровнем моря. Если она определена, точное местоположение точки в небе можно установить, измерив на этой высоте число градусов к западу от южной половины меридиана. По крайней мере, астрономы

так и поступают. Штурманы и топографы измеряют число градусов к востоку от северного конца меридиана. В обоих случаях замеры производятся в направлении по часовой стрелке.

Число градусов к западу от южного края меридиана (или к востоку от северного края, это зависит от используемой системы) называется *азимутом*. (Слово также пришло к нам из арабского языка. От него же произошло слово *зенит*.)

Если принять, что север имеет азимут 0° , тогда восток имеет азимут 90° , юг — азимут 180° и запад — азимут 270° . Вот и все.

А как насчет меня?

Мой азимут — Айзек, поверьте мне.

Глава 4

НЕБЕСНЫЙ ЗООПАРК

20 июля 1963 года произошло полное затмение Солнца. Его можно было наблюдать в некоторых районах штата Мэн, но из моего дома было видно далеко не все. Чтобы получить возможность наблюдать картину полностью, мне пришлось бы проехать 200 миль, надеясь, что не помешают облака, а затем вернуться обратно, проведя много времени в дорожных пробках из обитателей Новой Англии, одержимых желанием увидеть редкое событие во всех деталях.

Я решил никуда не ехать (и оказался прав, так как облака сильно мешали обзору) и наблюдал затмение со своего заднего двора. С моего наблюдательного пункта затмение не было полным — только 95%. Между прочим, разница между 95%-ным и полным затмением весьма зна-

чительная, как между озером и оксаном. Поэтому я не могу назвать полученное впечатление неизгладимым.

Полное затмение происходит тогда, когда Луна полностью заслоняет собой Солнце. Следует отметить, что Луна достаточно велика, чтобы заслонить собой Солнце (иногда), чтобы наступила временная ночь и появились звезды. И в то же время она достаточно мала, чтобы в моменты потемнения (при затмении) оставалась видна корона, особенно самые яркие ее части вокруг Солнца.

Видимые размеры Солнца и Луны зависят от их действительных размеров и расстояния от нас. Диаметр Луны — 2160 миль, а диаметр Солнца — 864 000 миль. Отношение диаметра Солнца к диаметру Луны $864\ 000:2160 = 400$. Если бы оба небесных тела находились от нас на одинаковом расстоянии, Солнце было бы в 400 раз больше Луны. При таких гигантских расстояниях увеличение расстояния вдвое так же вдвое уменьшает видимый диаметр. Расстояние до Луны около 238 000 миль, а до Солнца — 93 000 000 миль. Отношение этих расстояний $93\ 000\ 000:238\ 000 = 390$. Видимый диаметр Солнца уменьшается в этой же пропорции.

Другими словами, налицо взаимовлияние двух факторов. Большой диаметр Солнца уменьшается пропорционально расстоянию, в результате чего мы *видим* Луну и Солнце практически одинаковыми. Видимый угловой диаметр Солнца составляет примерно 32 минуты, а Луны — 31 минуту. Так как градус равен 60 минутам, Луна и Солнце имеют диаметр примерно полградуса.

Приведенные значения являются средними, поскольку Луна и Земля движутся по эллипти-

ческим орбитам. Луна то приближается к Земле, то снова удаляется от нее, поэтому ее видимые размеры немного меняются. И Земля периодически приближается к Солнцу, а потом снова удаляется, поэтому его видимые размеры также не всегда одинаковые. Изменение видимого диаметра составляет около 3% для Солнца и 5% для Луны, что незаметно для подавляющего большинства случайных наблюдателей.

Луна и Солнце так идеально подходят друг другу по чистой случайности. Этому факту нет никаких видимых причин. Можно утверждать, что Земле просто повезло, причем единственной из всех планет. Если же предположения современных астрономов верны и Луна постепенно удаляется от Земли, то в прошлом Луна была слишком велика для идеального полного затмения, а в будущем станет чересчур мала.

Конечно, за это соответствие надо платить. Если два тела имеют приблизительно равные видимые размеры, то затмение будет полным ограниченный промежуток времени. Другими словами, когда Луна закрывает крайний участок Солнца (продолжая двигаться), с другой стороны начинает появляться начальный участок Солнца. При самых благоприятных условиях, когда Луна находится к нам ближе всего (поэтому имеет самые большие видимые размеры), а Солнце максимально удалено от нас, имея минимальные видимые размеры, затмение может продлиться 7,5 минут.

Но, если Луна имеет видимые размеры меньше средних, а Солнце больше их, маленькая Луна полностью не заслонит большое Солнце, даже когда их центры совпадут. Вокруг Луны

будет видно яркое кольцо. Это кольцевое затмение. Поскольку видимый диаметр Луны несколько меньше, чем Солнца, кольцевые затмения более вероятны, чем полные.

Ситуация не дает возможности астрономам (так же как и простым смертным, любителям красоты) насладиться загадочным зрелищем, потому что, во-первых, полное затмение длится всего несколько минут, а во-вторых, его можно наблюдать только с небольшого участка земной поверхности, куда падает узкая тень Луны.

Между прочим, мы наблюдаем значительно меньше затмений, чем могли бы. Затмение Солнца происходит, когда Луна находится между Землей и Солнцем. Но это происходит каждое новолуние. Ведь в действительности Луна становится «новой», потому что занимает место между нами и Солнцем таким образом, что ее противоположная сторона (которую мы не видим) освещается солнечными лучами, а нам остается лицезреть очень тонкую светлую полоску с одного края Луны — молодой месяц. В году 12 новолуний (иногда 13), и мы должны видеть каждый год 12 солнечных затмений (иногда 13). Разве нет?

Конечно нет. Мы наблюдаем каждый год не более пяти солнечных затмений, причем они видны с разных, удаленных друг от друга участков земной поверхности. Иногда их число уменьшается до двух. Что же происходит с остальными? Давайте рассмотрим этот вопрос.

Орбита, по которой Земля движется вокруг Солнца, лежит в одной плоскости. Солнце также располагается в этой плоскости. (Это не со-

впадение, а следствие действия закона всемирного тяготения.)

Представьте себе, что плоскость земной орбиты переместилась далеко к звездам. Тогда мы, стоя на Земле, увидим, что она рассекает небесную сферу на две равные половины. Линия пересечения образует на небесной сфере большой круг. Это линия эклиптики.

Разумеется, эта линия воображаемая и в действительности не видна. Тем не менее, ее положение довольно легко себе представить, используя в качестве ориентира Солнце. Плоскость земной орбиты проходит через Солнце, и, глядя на светило, мы смотрим вдоль этой плоскости. Солнце всегда находится на линии эклиптики. Поэтому, чтобы представить ее на звездном фоне, достаточно проследить путь Солнца по небу. (Я имею в виду не дневной путь с востока на запад, который является отражением вращения Земли, а его ночной путь по звездному небу, отражающий поворот Земли вокруг Солнца.)

Когда Солнце светит в небе, звезды не видны — они закрыты от нас рассеянным солнечным светом, окрашивающим небо в голубой цвет. Как же тогда определить положение Солнца относительно звезд?

Наблюдая ночное небо на протяжении года, можно нанести на карты все звезды вдоль линии эклиптики. После этого появляется возможность рассчитать положение Солнца по отношению к звездам в каждый конкретный день.

Если вы сделаете макет небесной сферы, например возьмете глобус и нанесете на него звезды, то сможете без особого труда изобразить на нем большой круг, по которому движется Солнце. Время, которое требуется Солнцу, чтобы со-

вершить полный оборот по линии эклиптики (видимой), — примерно $365\frac{1}{4}$ суток. Именно таким образом определяется год.

Луна движется вокруг Земли по эллиптической орбите, также лежащей в одной плоскости. Плоскость, в которой расположена ее орбита, проходит через Землю. Глядя на Луну, мы смотрим вдоль этой плоскости. Даже когда Луна светит в небе, звезды видны, поэтому обозначить путь Луны значительно проще. Время, за которое Луна совершает свой путь, равно примерно $27\frac{1}{3}$ суток. Так определяется звездный месяц (см. главу 6).

Итак, если плоскость лунной орбиты вокруг Земли совпадает с плоскостью земной орбиты вокруг Солнца, то Луна и Солнце проследуют по одинаковой траектории относительно звезд. Вообразите, что они наблюдают за движением светила с одной позиции в небе. Луна опишет полную окружность по линии эклиптики за 28 суток, затем проведет полтора дополнительных дня, догоняя Солнце, которое тоже движется, но значительно медленнее. Каждые 29,5 дней будет новая Луна и солнечное затмение.

Более того, один раз в 29,5 дней Луна будет полной. Это произойдет, когда Луна будет находиться точно с противоположной стороны от Солнца, так что мы сможем видеть ее видимое полушарие целиком. Но в это время Луна должна заходить в тень Земли, и наступит полное затмение Луны.

Но это не происходит регулярно один раз в 29,5 дней, потому что плоскость лунной орбиты вокруг Земли не совпадает с плоскостью земной орбиты вокруг Солнца. Между этими двумя плоскостями существует угол $5^{\circ}8'$ ($308'$). Два

больших круга, если их нанести на небесную сферу, будут расположены по отношению друг к другу с небольшим наклоном. Они пересекутся в двух диаметрально противоположных точках, называемых узлами или точками пересечения орбит. Максимальное расстояние между ними будет в середине между точками пересечения.

Если измерить угловое расстояние между точками максимального удаления лунного пути от линии эклиптики, оно составит 308 минут. Эта величина составляет почти десятикратно увеличенный видимый диаметр Солнца или Луны. Это означает, что, если Луна догонит Солнце в точке максимального удаления, между ними останется достаточно места, чтобы в ряд поместились еще девять небесных тел, каждое из которых имеет видимые размеры Луны или Солнца.

Поэтому в большинстве случаев Луна, догоняя Солнце, проходит над или под ним на достаточно большом удалении, и затмения не наблюдаются.

Разумеется, если Луне случится догнать Солнце в точке, расположенной поблизости от точки пересечения орбит, затмение будет иметь место, но это происходит, как я уже говорил, от двух до пяти раз в год. Если математически описать движение Солнца и Луны, можно предсказать затмения в будущем и вычислить, когда они имели место в прошлом, а также точно определить места на Земле, где это явление наблюдалось или будет наблюдаться.

Геродот поведал нам об ионийском философе Фалесе, который предсказал затмение, подоспевшее вовремя, чтобы остановить сражение между лидийцами и медийцами. (При явном проявле-

нии божественного недовольства, согласитесь, продолжать войну не было никакого смысла.) Сражение происходило в Малой Азии примерно в 600 году до н. э., а астрономические расчеты показывают, что полное затмение Солнца было видно именно с территории Малой Азии 28 мая 585 года до н. э. Прекращенная вмешательством свыше битва, таким образом, является одним из самых ранних событий в древнейшей истории, дата которых известна с высокой степенью достоверности.

В глубокой древности человечество использовало эклиптику не только для наблюдения за затмениями. Это был своеобразный вечный календарь, изображенный на небе.

Первые календари основывались на движении Луны, которая, двигаясь по небу, проходит ряд фазовых превращений: 29 дней, которые проходят от новолуния до новолуния, — это синодический месяц (см. главу 6).

Проблема заключалась в том, что в странах достаточно развитых, чтобы иметь собственный календарь, существовал ряд важных периодических явлений (разлив Нила, наступление сезонных дождей или сезонных холодов), которые не согласовывались с синодическим месяцем. От разлива до разлива Нила, в частности, проходило не целое число месяцев. Средний промежуток составлял 12—13 месяцев.

В Египте заметили, что средний интервал между разливами совпадает с одним полным оборотом Солнца (годом). Результатом явился календарь, в котором год делился на месяцы. В Вавилоне, а также у греков и иудеев месяцы были неразрывно связаны с Луной, и год состоял из 12 или 13 месяцев, располагавшихся в по-

рядке, повторявшемся каждые 19 лет. Таким образом, годы приводились в соответствие с сезонами, а месяцы — с фазами Луны. Но отдельные годы имели разную продолжительность (см. главу 1).

Египтяне, римляне, а затем и мы оставили Луну в покое и решили считать все годы одинаковой длины, разделив их на 12 месяцев. Календарный месяц длится $30\frac{1}{2}$ суток вместо $29\frac{1}{2}$ суток синодического месяца. Это значит, что месяцы больше не «шагают в ногу» с фазами Луны, но человечество как-то пережило этот факт.

Движение Солнца вдоль линии эклиптики воплощало календарь. Поскольку год (один полный оборот) делился на 12 месяцев, показалось вполне естественным разделить и линию эклиптики на 12 участков. Через 12 месяцев Солнце возвращается к первому участку.

Каждый участок эклиптики имеет собственный набор звезд. Что может отличать друг от друга эти участки? Если на одном участке имеется четыре звезды, расположенные в вершинах воображаемого квадрата, его можно назвать *квадратным*, другой участок получал название *V-образного*, третий — *большого треугольного* и т. д.

К несчастью, большинство людей не обладают ясным и четким математическим мышлением и чаще видят сложные фигуры, чем простые формы. Группу звезд, расположенную в форме буквы V, можно представить в виде головы быка с рогами. Вавилоняне придумали воображаемые образы для каждого участка эклиптики, а греки воспользовались ими, дав каждому греческое имя. Римляне, в свою очередь, дали им латинские имена, дошедшие до нас.

Вот список этих имен (курсивом выделено латинское название): 1) *Aries*, Овен; 2) *Taurus*, Бык; 3) *Gemini*, Близнецы; 4) *Cancer*, Рак; 5) *Leo*, Лев; 6) *Virgo*, Дева; 7) *Libra*, Весы; 8) *Scorpio*, Скорпион; 9) *Sagittarius*, Стрелец; 10) *Capricornus*, Козерог; 11) *Aquarius*, Водолей; 12) *Pisces*, Рыбы.

Как видите, семь созвездий носят имена животных; восьмое, Стрелец, обычно изображают в виде кентавра, которого тоже можно считать животным. А если вспомнить, что человек также является представителем животного царства, единственное созвездие, названное не по имени животного, — это Весы. Греки называли набор созвездий *зодиакальным кругом*, или *кругом маленьких животных*. Мы называем их *зодиакальными созвездиями*.

Всего современные астрономы различают в небе 88 созвездий. Из них 30 созвездий (которые по большей части расположены в Южном полушарии и открыты в наше время) носят имена неодушевленных предметов. Из оставшихся 58 созвездий, в основном известных с древности, 36 названы именами млекопитающих (включая 14 человеческих существ), 9 — птиц, 6 — рептилий, 4 — рыб, 3 — членистоногих. Чем не небесный зоопарк?

Может показаться странным, что, хотя большинство созвездий были открыты еще в земледельческом обществе, ни одно из них не носит имя растения. Возможно, первые астрономы были скотоводами?

Линия эклиптики наклонена под углом $23\frac{1}{2}^\circ$ к небесному экватору (см. главу 3), и обычно говорят, что земная ось имеет наклон $23\frac{1}{2}^\circ$.

Линия эклиптики перескает небесный экватор в двух точках «равноденствия». Когда Солнце проходит через эти точки, оно находится прямо над экватором и продолжительность дня становится равной продолжительности ночи (12 часов) во всем мире. Отсюда и название.

Одна из точек равноденствия достигается, когда Солнце, двигаясь по линии эклиптики, переходит из южного небесного полушария в северное. Для нас, жителей Северного полушария, оно поднимается высоко в небе, словно возвещая о приходе весны. Это весеннее равноденствие, наступающее 20 марта.

В этот день (так считали древние греки) Солнце входит в созвездие Овна. Поскольку день весеннего равноденствия — хорошее время начала года для любого земледельческого общества, принято список зодиакальных созвездий начинать с Овна. Я тоже так поступаю.

В каждой созвездии Солнце находится около месяца: в Овне оно с 20 марта по 19 апреля, в Быке — с 20 апреля по 20 мая и т. д.

После прохождения точки весеннего равноденствия Солнце продолжает движение по линии эклиптики, удаляясь все дальше к северу от небесного экватора, поднимаясь все выше в нашем северном небе. На полпути между двумя точками равноденствия оно достигает точки эклиптики, максимально удаленной от небесного экватора. Мгновение Солнце «стоит неподвижно», после чего движение в северном направлении прекращается (как нам кажется), и оно «поворачивает» снова на юг. Это время «летнего солнцестояния».

В это время Солнце располагается в $23\frac{1}{2}^\circ$ к северу от небесного экватора и входит в созвездие Рака. Вследствие этого линия $23\frac{1}{2}^\circ$ северной ши-

роты на Земле, над которой Солнце стоит 20 июня, называется *тропиком Рака* (слово *тропик* произошло от греческого глагола *поворачивать*).

23 сентября Солнце достигает точки осеннего равноденствия, войдя при этом в созвездие Весов. Затем оно движется к югу от небесного экватора и 21 декабря входит в созвездие Козерога, достигая самой южной точки своей орбиты. Наступает день зимнего солнцестояния, а линия $23\frac{1}{2}^{\circ}$ южной широты на Земле, как вы уже догадались, именуется *тропиком Козерога*.

Здесь имеется одна сложность. Земная ось слегка колеблется. Если ее продлить до пересечения с небесной сферой, каждый полюс будет медленно описывать круг диаметром примерно 47° . Положение небесного экватора зависит от наклона оси, поэтому небесный экватор перемещается относительно звезд с востока на запад в направлении, параллельном эклиптике. Точки равноденствия (пересечения движущегося небесного экватора с неподвижной линией эклиптики) также перемещаются на запад навстречу Солнцу.

Точка равноденствия описывает полный круг вокруг линии эклиптики за 25 760 лет, другими словами, за год точка весеннего равноденствия смещается на $360:25\ 760 = 0,014^{\circ}$. Солнце, следуя по орбите с запада на восток, подходит к точке весеннего равноденствия, которая уже сместилась на $0,014^{\circ}$ по сравнению с положением, которое она занимала годом ранее. Теперь Солнцу необходимо пройти дополнительно $0,014^{\circ}$, чтобы пройти полный круг. Для этого требуется 20 минут. Поскольку точка равноденствия каждый год на 20 минут «опережает расписание»,

это движение земной оси называется предварением равноденствий.

По причине предварения равноденствий день весеннего равноденствия передвигается на одно зодиакальное созвездие за каждые 2150 лет. Во времена строителей пирамид во время весеннего равноденствия Солнце входило в созвездие Быка. В период расцвета Древней Греции Солнце вошло в созвездие Овна. Сейчас оно находится в созвездии Рыб, а в 4000 году войдет в созвездие Водолея.

Чтобы совершить полный круг относительно звезд, Солнцу требуется 365 суток 6 часов 9 минут 10 секунд. Это звездный год. Прохождение полного круга между точками равноденствия занимает на 20 минут меньше — 365 суток, 5 часов, 48 минут, 45 секунд. Это тропический год, также определяющий время, необходимое Солнцу, чтобы проследовать от тропика до тропика и обратно.

Понятия времен года связаны с тропическим, а не со звездным годом. Так что, когда мы произносим слово *год*, мы имеем в виду год тропический.

Историки, изучающие времена античности, заметили, что положение Солнца в том или ином зодиакальном созвездии оказывает непосредственное влияние на Землю. Когда Солнце находилось в созвездии Льва, оно светило «с львиной» силой, и на Земле постоянно было очень жарко. Если Солнце в созвездии Водолея, на Земле идут частые и обильные снегопады. Кроме того, затмения принято считать вестниками катастроф, поскольку после затмений нередко происходили серьезные катастрофы. (Они име-

ли место и при отсутствии затмений, но на это никто не обращал внимания.)

Ученые, занимавшиеся изучением небесных тел, всегда живо интересовались их влиянием на людей. Следует отметить, что им никогда не приходилось долго искать предмет для исследования. В частности, они обратили пристальное внимание на движение пяти ярких, похожих на звезды объектов — Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. Они, подобно Солнцу и Луне, двигались на фоне звездного неба и были названы планетами.

Пять похожих на звезды планет так же, как Земля, двигаются вокруг Солнца, а плоскости их орбит слегка наклонены по отношению к орбитальной плоскости Земли. Это значит, что (как нам кажется) они движутся по эклиптике, как Солнце и Луна, и проходят через зодиакальные созвездия.

В отличие от Солнца и Луны их орбиты довольно сложны и представляют собой весьма замысловатые петли. Это дало возможность грекам развлекаться в течение пяти веков, изобретая всевозможные неверные теории и методы расчета орбит.

Теории, быть может, действительно были неправильными, но они позволили представить, где планеты находились в прошлом и где должны были расположиться в будущем. Оставалось только решить, какое влияние оказывает конкретная планета в определенном зодиакальном созвездии, отметить позиции всех планет в день рождения данного индивидуума, и все! Решить, о каком влиянии идет речь, весьма несложно. Здесь все зависит только от вашей фантазии, насколько она у вас разыграется. Псевдонаука

астрология занимается этим без особого труда. Причем каждый астролог имеет свою собственную точку зрения, обычно не имеющую ничего общего с точками зрения его коллег.

Между прочим, по мнению астрологов, со времен Древней Греции ничего существенного не произошло. Период с 20 марта по 19 апреля все еще проходит под знаком Овна; при этом не имеет значения, что в наше время из-за предварения равноденствий Солнце уже в Рыбах. По этой причине следует различать понятия «знак зодиака» и «зодиакальное созвездие». Знак зодиака сегодня то, что было созвездием два тысячелетия назад. Мне не приходилось слышать, чтобы этот факт беспокоил кого-нибудь из астрологов.

Однажды я получил приглашение на телевизионное ток-шоу, касающееся астрологии. В беседе я должен был стать единственным научным оппонентом, поскольку остальные три участника были профессиональными астрологами.

Моим первым желанием было принять бой. Я решил, что должен скрестить шпаги с суевериями и предрассудками. Но потом передумал.

Три астролога-практика наверняка являются экспертами в своем деле, умеют говорить длинно и красиво, употребляя непонятные, но кажущиеся значительными слова. За ними мои разумные аргументы просто не будут услышаны.

Кроме того, астрологи, конечно, вооружены изрядным количеством так называемых свидетельств. Наверняка будет сказано следующее: «Люди, рожденные под знаком Льва, являются признанными лидерами, поскольку лев — это царь зверей. Доказательством тому является не

подлежащий сомнению факт, что Наполеон родился под знаком Льва».

Предположим, я отвечу: «Но одна двенадцатая часть населения Земли, по меньшей мере 250 миллионов человек, рождена под знаком Быка. Разве кто-нибудь пытался определить, не является ли число лидеров среди них большим, чем среди Львов? Кстати, а каковы критерии лидерства?»

Даже если меня услышат, то, скорее всего, сочтут не вполне нормальным. По непонятной для меня причине сегодня, а именно в 1968 году, народные массы почти поголовно увлечены астрологией. Поэтому и самих астрологов развелось, как я подозреваю, больше, чем во все предыдущие века, и они могут меня попросту линчевать.

Довольно долго я колебался между желанием вступить в бой за правое дело и подозрением, что оно (правое дело) все равно не победит. Затем решил обратиться за помощью к астрологии. Наверняка и для меня существует какой-нибудь астрологический прогноз.

Я родился 2 января под знаком Козерога, проще говоря, козла.

Это соображение положило конец всем моим сомнениям! Вежливо, но твердо я отказался от участия в программе.

Глава 5

ПЕРЕКЛИЧКА

Когда весь мир был молодым (а я — подростком), существовал единственный способ привлечь внимание к научно-фантастическому роману: использовать в его заглавии имя какого-нибудь небесного тела. Среди моих первых сборников на-

учной фантастики были такие книги, как «Рождество на Ганимеди», «Опасность с Каллистана» и др. (Это были настоящие коммерческие названия!)

Такая мода вскоре, увы, прошла, но факт остается фактом: в 30-х годах XX века целое поколение поклонников научной фантастики знало имена небесных тел Солнечной системы едва ли не лучше, чем названия американских штатов. Десять к одному за то, что они не имели малейшего представления, как произошли эти имена и где находятся сами небесные тела; зачастую даже неправильно произносили их. Но какая, в конце концов, разница? Когда ужасный монстр прибывает с Умбриэля или Ио, это производит значительно большее впечатление, чем если бы он приехал из Филадельфии.

Надо бороться с невежеством. Поэтому произведем, если можно так выразиться, перекличку небесных тел Солнечной системы и разберемся, какой смысл заложен в именах.

Начнем с Земли (Earth). *Earth* — старое тевтонское слово, но заслугой английского языка является то, что он часто обращается к классическим языкам. Греческое название Земли — Gaia, или, согласно латинскому правописанию, Gaea. Отсюда произошли слова *география* (описание земли), *геология* (рассуждения о земле), *геометрия* (измерение земли) и т. д.

Латинское название — *Terra*. В научно-фантастических романах жителя планеты Земля называют землянином (*Earthling, Earthman, Terrestrial*), а обитателей других планет — не-земными существами (*extra — Terrestrial*).

Римляне также называли Землю *Tellus Mater* (мать Земля). Родительный падеж слова *tellus* — *telluris*, поэтому земляне в некоторых романах именуются также телурианами. Существует еще химический элемент теллурий, названный в честь нашей планеты.

Теперь перейдем к следующим небесным телам — Солнцу (*Sun*) и Луне (*Moon*). Эти названия также произошли от старых тевтонских слов.

Греческое название Солнца — *Helios*, римское — *Sol*. Греческое слово не прижилось в нашем языке, хотя мы знаем химический элемент гелий; когда говорим о подсолнечнике, используем термин «гелиотроп» и т. д.

Римское *Sol* сохранилось лучше. Прилагательное от слова *sun* — *sunny*, однако в науке обычно используют прилагательное *solar* (например, *solar system* — Солнечная система и др.). В научной фантастике Солнце довольно часто именуется *Sol*, а Земля — *Sol III*.

Греческое название Луны — *Selene*, латинское — *Luna*. Первое напоминает о себе названием химического элемента селений. А изучением элементов лунной поверхности занимается наука селенография. Латинское название, как известно, используется значительно чаще. Существует теория, что свет полной луны может вызвать у человека приступ безумия. Подверженных этому людей называют лунатиками.

Я предполагаю, что греки позаимствовали обычай называть небесные тела именами мифологических персонажей. Они говорили, что Ге-

лиос — бог Солнца, а Гея — богиня Земли, но мне представляется очевидным, что сначала эти слова обозначали физические объекты, а позже были персонифицированы и стали богами и богинями.

Позже греки почувствовали тягу к мифологии и попытались сделать Аполлона богом Солнца, а Артемиду (Диану у римлян) богиней Луны. Вероятно, это приняли в «околонаучных» кругах, но для народных масс Луна и Солнце остались под названиями *Helios* и *Selene*. (Кстати, впоследствии ни одно значительное небесное тело не было названо именами Аполлона и Артемиды.)

Мне хотелось бы поговорить и о других небесных телах.

Теперь рассмотрим пять ярких звезд, которые названы планетами (см. главу 4).

Самую яркую из них мы называем Венерой. Скорее всего, именно она была замечена первой. Венера появляется в небе вечером после захода солнца или утром до восхода в зависимости от того, в какой части своей орбиты она находится. По этой причине ее называют то Утренней звездой, то Вечерней. Древние греки считали Утреннюю и Вечернюю звезду разными объектами и дали им разные имена.

Вечернюю звезду, появляющуюся на западе возле заходящего солнца, называли *Hesperos* («вечер» или «запад»). Соответствующее латинское название — *Vesper*. Утреннюю звезду называли *Phosphorus* («приносящая свет»), потому что сразу после Утренней звезды в небе появлялось Солнце. (Химический элемент фосфор назван

так за способность светиться в темноте, которая является следствием медленной реакции с кислородом.) Латинское наименование Утренней звезды — *Lucifer*, что также означает «приносящая свет».

Обратите внимание, что здесь греки не использовали мифологию. Принятые ими названия (Утренняя звезда и Вечерняя звезда) были логичными, описательными словами. Однако впоследствии (в VI веке до н. э.) греческий ученый Пифагор Самосский возвратился в Грецию после долгих путешествий по Вавилону, обогатившись знаниями и обычаями вавилонян.

В это время астрономия у вавилонян была развита значительно больше, чем у греков, находившихся в начале пути. Правда, интерес вавилонян к астрономии был в своей основе астрологическим, поэтому для них представлялось естественным отождествлять могущественные планеты с влиятельными богами. (А почему бы и нет? И те и другие влияли на человека.) Вавилоняне уже знали, что Утренняя звезда и Вечерняя звезда — это одна и та же планета. И правда: ведь они никогда не появлялись в небе одновременно! Если одна из них была видна, другая непременно отсутствовала, и по их перемещениям в небе можно было сделать вывод, что Утренняя звезда, минуя Солнце, становится Вечерней звездой и наоборот. А планета, казавшаяся двумя звездами, была такой яркой и красивой, что вавилоняне приняли логичное решение назвать ее именем своей богини любви и красоты Иштар (*Ishtar*).

Пифагор привез из Вавилона в Грецию знание того, что Утренняя звезда и Вечерняя звезда являются одним и тем же объектом, после

чего *Hesperos* и *Phosphorus* исчезли с небосвода. В подражание вавилонянам греки называли планету именем своей богини любви и красоты — Афродиты. У римлян этой богиней была Венера, именно это название дошло до нас.

Таким образом, обычай называть небесные тела именами богов и богинь зародился у вавилонян (и их предшественников) и был позаимствован у них греками.

Между прочим, название «Венера» породило одну проблему. Родительный падеж существительного «*Venus*» — «*veneris*», именно от него образуются прилагательные. (В английском языке имеется прилагательное *venerable* — *почтенный*, для обозначения уважения, испытываемого римлянами к своей богине. Однако, поскольку римляне чтили и старость, это слово в основном применимо к древним старцам, а не к молодым женщинам.)

Строго говоря, при описании атмосферы Венеры использование прилагательного *венерианская* является неправильным. Следует использовать прилагательное *венерическая*, что не делается из-за неприятных ассоциаций. Конечно, можно обратиться к греческому названию, здесь родительный падеж названия — *Aphrodisiakos*; но если мы назовем атмосферу Венеры *афродизиакской*, то создадим неверное впечатление.

Но что-то надо делать! Мы давно ведем исследования атмосферы Венеры и не можем обойтись в ее описаниях без прилагательных. И выход был найден. В древности культ Венеры был более всего развит на небольшом острове на юге Греции, который носил имя *Kythera* — Китера (в латинском написании *Cythera*). Поэтому Афродите часто воспевали как *китерианскую* боги-

ню. Наши не чуждые поэзии астрономы взяли это слово на вооружение и теперь говорят о *китерийской* атмосфере.

С остальными четырьмя планетами нет никаких проблем. Вторая по яркости планета является воистину королевской. Венера, может быть, и ярче, но она является близкой соседкой Солнца и никогда не видна ночью. Вторая по яркости планета сияет на небосклоне всю ночь, поэтому ей дали имя главного бога. Вавилоняне назвали ее *Marduk* (*Мардук*), греки — *Zeus* (Зевс), а римляне — *Jupiter* (Юпитер). Родительный падеж слова *Jupiter* — *jovis*, а прилагательное — *jovian*. Человек, рожденный под влиянием Юпитера, характеризуется как *jovial* — «веселый, общительный».

Кроме того, в небе есть красная планета, а красный — это цвет крови, войны. Вавилоняне дали этой планете имя *Nergal* (Нергал) — так звали их бога войны. Греки снова не проявили оригинальности и назвали планету Арес по имени своего бога. Астрономы, изучающие рельеф этой планеты, занимаются *ареографией*. У римлян имелся собственный бог войны, и они назвали эту планету *Mars* (Марс). Родительный падеж этого слова *Martis*, а прилагательное — *martian*, и мы можем говорить о марсианских каналах.

Следующая планета (расположенная достаточно близко к Солнцу), как и Венера, появляется только утром и вечером. Она меньше Венеры и ближе к Солнцу, поэтому ее не всегда легко рассмотреть. К тому времени, как греки надумали назвать ее, мода давать планетам ми-

фологические имена уже плотно укоренились. Вечерняя звезда получила имя *Гермес*, а утренняя — *Аполлон*.

У поздних греков Аполлон олицетворял Солнце. Когда в небе появлялась планета Аполлон, вскоре следовало ожидать и Солнца. Поскольку эта планета располагалась ближе всех к Солнцу (греки, разумеется, не знали, что причина заключается именно в этом), она двигалась относительно звезд быстрее всех небесных тел, кроме Луны. Этим она напоминала быстроногого посланца богов Гермеса. Но согласитесь, когда одна планета имеет два имени, это не очень удобно. Поэтому весьма быстро Гермес (Аполлон) стал просто Гермесом. Римляне назвали планету *Mercurius* — такое имя носил римский коллега Гермеса. Нам она известна под именем Меркурий. Стремительная «пробежка» Меркурия на фоне звезд напоминает удивительную подвижность капель ртути, — этот химический элемент тоже назван меркурием. Кроме того, в обиход вошло прилагательное *mercurial*, которым характеризуют непостоянных, переменчивых людей.

Осталась планета, которая двигалась медленнее всех планет, известных древним грекам (она расположена дальше всех от Солнца). Поэтому ей дали имя очень важного бога, который всегда двигался медленными, тяжелыми шагами. Это был *Cronos* (Крон) — отец Зевса, правивший Вселенной до успешного восстания жителей Олимпа под руководством Зевса. Римляне назвали планету по имени своего бога, которого они считали аналогом Крона — *Saturnus*. Мы называем ее Сатурн. Предполагается, что люди, рожденные под влиянием Сатурна, должны впитать в себя его тяжесть и основательность, в резуль-

тате чего являются угрюмыми, мрачными, замкнутыми. В английском языке для их характеристики существует прилагательное *saturnine*.

В течение двух тысячелетий только эти планеты оставались известными небесными телами в Солнечной системе. Затем наступил 1610 год, когда итальянский астроном Галилео Галилей построил телескоп и направил его в небо. Ему не потребовалось много времени, чтобы обнаружить четыре небольших объекта, вращающиеся вокруг Юпитера. (Немецкий астроном Йоганн Кеплер весьма удачно назвал их *спутниками* — от латинского слова, обозначающего лиц, сопровождавших могущественного человека.)

Возник вопрос: как назвать новые небесные тела? Мода называть планеты именами мифологических персонажей сохранилась и в нашей эре, но все же слегка утратила свои позиции. Галилей считал своевременным восславить Козимо Медичи II, великого герцога Тосканского, от которого ожидал (и получил) всяческие милости. Поэтому он назвал их *Sidera Medicea* (звезды Медичи). К счастью, название не прижилось. В наши дни мы называем всю группу из четырех спутников «спутниками Галилея», однако каждый из них все-таки получил мифологическое имя. Их присвоил спутникам немецкий астроном Симон Мариус, обнаруживший спутники немного позже Галилея.

Все спутники получили имена сердечных привязанностей Зевса, которых было немало. Самая удаленная от Юпитера планета названа Ио. Это была прекрасная девушка, которую Зевс обратил в корову, чтобы скрыть от ревности своей жены. Вторая — Европа. Эту красавицу Зевс, превратившись в быка, похитил из Финикии и доста-

вил на Крит (кстати, так получила свое название Европа). Третий спутник — Ганимед, так звали юного троянца (греки отличались либеральными взглядами на эти вещи), которого Зевс похитил, приняв облик орла. Четвертая планета носит имя Каллисто — нимфы, пойманной женой Зевса и превращенной ею в медведя.

По чистой случайности идея назвать третью планету мужским именем оказалась удачной. Ганимед — самый большой не только из спутников Юпитера, но и из всех известных спутников в Солнечной системе (он даже крупнее Меркурия — самой маленькой планеты).

С тех пор все небесные тела, кроме необычных, назывались именами мифологических персонажей.

В 1655 году голландский астроном Христиан Хигенс открыл спутник Сатурна (теперь известно, что он шестой по счету от планеты). Его называли Титан. Это название можно считать подходящим, поскольку Сатурн (Крон), его братья и сестры, правившие Вселенной до Зевса, называются титанами. Кроме того, слово *титан* также означает *исполин*, поскольку греки изображали титанов существами гигантского роста. И Титан оказался одним из крупнейших спутников Солнечной системы.

Франко-итальянский астроном Жан Доминико Кассини оказался более удачливым, чем Хигенс. В период с 1671-го по 1684 год он открыл еще четыре спутника Сатурна, назвав их именами титанов и титанид. Спутники, сейчас известные как 3-й, 4-й и 5-й от Сатурна, получили имена Тефия, Диона и Рея по имени трех сес-

тер Сатурна. Рея также была женой Сатурна. 8-й спутник был назван Япет — по имени одного из братьев Сатурна. При этом использовались греческие имена, поскольку латинских аналогов (кроме Реи — латинский эквивалент Опс) не было. Кассини сделал попытку объединить четыре открытых им спутника под общим названием *Людовики* в честь своего господина Людовика XIV (в латинском написании *Ludovicus*), однако вторая попытка восславить монархию тоже провалилась.

Итак, за период 75 лет, прошедших со времени изобретения телескопа, в Солнечной системе были открыты девять новых тел — четыре спутника Юпитера и пять — Сатурна. После этого дела пошли еще интереснее.

13 марта 1781 года астроном Вильям Гершель, обозревая небосвод, заметил небесное тело, которое посчитал кометой. Довольно быстро выяснилось, что это вовсе не комета, а новая планета, орбита которой проходит недалеко от орбиты Сатурна.

И снова возник серьезный вопрос: как ее назвать? Сам Гершель называл ее *Звездой Георга* в честь своего монарха, английского короля Георга III. И третья попытка увековечить имя монарха в названии небесного тела не увенчалась успехом. Некоторые астрономы считали, что ее следует назвать в честь первооткрывателя — *Гершель*. Однако мифология в очередной раз победила.

Немецкий астроном Йоганн Боде предложил классическое решение: планеты должны образовать небесную семью. Три самые отдаленные планеты (кроме Земли) — Меркурий, Венера и Марс. Они были братьями или детьми Юпитера. Орбита Юпитера расположена с наружной сто-

роны от орбит «планет-детей». Юпитер, в свою очередь, был сыном Сатурна, и орбита «отца» лежит с внешней стороны от орбиты «сына». Так как орбита новой планеты находится также с внешней стороны от орбиты Сатурна, почему бы не назвать ее Уран в честь бога неба и отца Сатурна? Предложение было принято, и Уран воцарился в небе. А в 1789 году немецкий химик Мартин Генрих Клапрот открыл новый химический элемент и назвал его ураном.

В 1787 году Гершель открыл два самых крупных спутника Урана. Он назвал их, прибегнув к мифологии, но, в нарушение традиций, не греко-римской. Вероятно, он, немец по рождению, чувствовал себя уже на 200% англичанином (это нередко бывает с натурализованными иностранцами), поэтому обратился к английским легендам и балладам. Спутники получили названия Оберон и Титания в честь короля и королевы, постоянных персонажей английской литературы. К примеру, их изобразил Шекспир в своем знаменитом «Сне в летнюю ночь».

В 1789 году он открыл еще два спутника Сатурна (ближайших к планете). Давая им названия, он несколько нарушил сложившуюся картину. Планета и ее спутники до тех пор носили имена титанов и титанид (а также коллективное имя — Титан). Гершель назвал новые спутники Мимас и Энселад в честь двух великанов, восставших против Зевса уже после поражения титанов.

После открытия Урана астрономы ринулись искать новые планеты, словно стая голодных волков. Причем диапазон их поиска оказался

довольно широк — от Марса до Юпитера. Первым неизвестное небесное тело обнаружил итальянец Джузеппе Пиацци. Впервые он заметил его из своей обсерватории в Палермо 1 января 1801 года.

Хотя он и был священнослужителем, но не изменил традиции давать небесным телам имена мифологических персонажей и назвал его *Ceres* (Церера) по имени богини, покровительницы его родной Сицилии. Она была сестрой Юпитера, а также богиней жатвы (отсюда *cereal* — хлебный злак, каша) и плодородия. Таким образом, уже вторая планета получила женское имя (первой была Венера), и это быстро вошло в моду. Церера оказалась небольшим небесным телом (485 миль в диаметре). В промежутке между Марсом и Юпитером таких оказалось немало. В течение следующего столетия все открытые новые небесные тела получали только женские имена.

За шесть лет, прошедших после открытия Цереры, были обнаружены еще три малые планеты. Две из них назвали Юнона и Веста — именами сестер Цереры. Они также были сестрами Юпитера, а Юнона к тому же была его женой. Третья получила имя Паллада — это одно из имен Афины, дочери Зевса (Юпитера). Следовательно, Церере она приходилась племянницей. Два химических элемента, обнаруженные в этом десятилетии, получили название *церий* и *палладий*.

Позднее малые планеты назывались именами менее значительных богинь, таких, как Геба, виночерпий богов, Ирис, их посланница. В небе появились музы, грации, оры, нимфы и т. д. Когда же список божеств был исчерпан, малые

планеты начали получать тривиальные, а иногда и глупые имена. Мы не будем останавливаться на этом.

В 1846 году снова появился повод для волнения. Обнаружив, что движение Урана является неравномерным, француз Урбэн Ж.Ж. Леверье и англичанин Джон Кауч Адамс рассчитали орбиту планеты, находящуюся за Ураном, гравитационное поле которой и является причиной аномалий в движении Урана. Новая планета была открыта именно там, где она должна была находиться, согласно проведенным вычислениям.

И снова пришлось решать вопрос об имени. Предложенная Боду концепция небесной семьи в этом случае ничем не могла помочь, поскольку Уран был первым, произошедшим из хаоса, и, следовательно, не имел отца. Предложение назвать планету именем ее первооткрывателя также осталось без внимания. После долгих размышлений было принято решение назвать планету Нептуном, по имени морского божества.

(Леверье также предположил наличие планеты внутри орбиты Меркурия и назвал ее Вулкан, по имени бога огня и кузнечного дела. Однако планету так и не обнаружили. На мой взгляд, представляется очевидным, что ее не существует.)

После открытия Нептуна его начал пристально изучать английский астроном Вильям Лассел. Очень скоро он обнаружил крупный спутник, получивший имя Тритон. Название весьма удачное, поскольку Тритон был полубогом моря и сыном Нептуна (Посейдона).

В 1851 году Лассел открыл еще два спутника Урана, расположенные ближе к планете, чем об-

наруженные ранее Оберон и Титания. Англичанин Лассел решил продолжить традицию, начатую ранее, и снова обратился к английскому фольклору. Он выбрал «Похищение локона» Александра Поупа, где фигурировали два волшебных персонажа — Ариель и Умбрисль. Эти имена получили новые спутники.

Новые спутники продолжали обнаруживаться. У Сатурна, уже имевшего семь известных спутников, в 1848 году был обнаружен восьмой. Это открытие в 1848 году совершил американский астроном Джордж П. Бонд. В 1898 году другой американец, Вильям Х. Пикеринг, открыл девятый спутник, тем самым завершив список. Они были названы именами титанов Гипериона и Фебы. В 1905 году Пикеринг решил, что открыл десятый спутник, и даже дал ему имя еще одной титаниды — Темис, но это оказалось ошибкой.

В 1877 году американец Асаф Холл, ожидавший максимального приближения Марса, обнаружил два небольших спутника и назвал их Фобос (страх) и Деймос (ужас), то есть именами двух сыновей Марса (Ареса) из греческой мифологии.

В 1892 году американский астроном Эдвард Э. Бернارد открыл пятый спутник Юпитера, расположенный ближе к планете, чем спутники Галилея. В течение долгого времени он оставался без собственного имени, проходя под номером «Юпитер V» (поскольку был открыт пятым). Мифологическое имя Амалфея он получил позже, благодаря французскому астроному Камиллю Фламариону. Лично мне такое название спутника пришлось по душе. Амалфея вскормила

Юпитера (Зевса) в младенчестве своим молоком, поэтому вполне справедливо, если она будет находиться ближе к нему, чем мальчики и девочки, пользовавшиеся его привязанностью в зрелые годы.

В XX веке было открыто еще семь спутников Юпитера; все они располагаются далеко от планеты, имеют небольшие размеры, возможно, являются попавшими в поле тяготения астероидами и официально остаются безымянными. Однако неофициальные имена у них все-таки существуют. Три ближайшие к Юпитеру астероида названы Гестия, Гера и Деметра по греческим именам трех сестер Юпитера (Зевса), а Гера к тому же была его женой. Соответствующие римские имена — Веста, Юнона и Церера. Еще два спутника названы именами братьев Юпитера (Зевса) Посейдона и Гадеса. Римской версией имени Посейдон — Нептун — названа планета. Из оставшихся спутников один стал Паном (внук Юпитера), а другой — Адрастеей (нимфа, нянчившая его в детстве).

Таким образом, имя Геры, жены Юпитера (Зевса), носит спутник, который располагается значительно дальше от планеты и имеет куда меньшие размеры, чем четыре спутника, названные в честь любовниц и любовников этого бога. Я не уверен, что это правильно, но думаю, что астрономы разбираются в этом лучше меня.

В 1898 году немецкий астроном Г. Витт открыл необычную малую планету. Ее орбита находилась ближе к Солнцу, чем орбиты всех известных в то время малых планет, недалеко от Земли. Орбита этой планеты проходила между

Марсом и Венерой, поэтому Витт дал ей имя Эроса — бога любви, сына Марса (Ареса) и Венеры (Афродиты).

Тем самым было положено начало новому обычаю давать малым планетам с необычными орбитами мужские имена. К примеру, астероиды, вращающиеся в пределах орбиты Юпитера, получили имена мужчин — участников Троянской войны: Ахиллес, Гектор, Патрокл, Аякс, Диомед, Агамемнон, Приам, Нестор, Одиссей, Антилох, Эней, Анхис и Троиц.

Интересное открытие было сделано в 1948 году, когда астроном Вальтер Бааде обнаружил малую планету, находившуюся ближе к Солнцу, чем даже Меркурий. Он назвал ее Икар в честь мифологического персонажа, подлетевшего так близко к Солнцу, что воск его искусственных крыльев расплавился. Результат известен всем.

В 1948 году голландец Жерар П. Квипер обнаружил ближайший спутник Урана. Поскольку Ариель (находящийся чуть дальше) является персонажем не только «Похищения локона», но и «Бури» Шекспира, Квипер назвал свой спутник именем другой шекспировской героини — Миранда.

В 1950 году он открыл второй спутник Нептуна. И поскольку первый назывался Тритон (это не только имя сына Нептуна, но и собирательное название всех полубогов мужского пола, живущих в море), второй получил имя Нереида (объединяющее всех морских нимф женского пола).

А тем временем в начале XX века американский астроном Персиваль Лоуэлл был занят поисками девятой планеты, расположенной за Не-

птуном. В 1916 году он умер, так и не добившись успеха. Однако в 1930 году его последователь Клайд В. Томбо совершил долгожданное открытие.

Новую планету назвали Плутоном в честь бога подземного мира. Название, на мой взгляд, вполне уместное, так как эта планета больше всех удалена от солнечного света. В 1940 году были открыты еще два химических элемента, следующие в таблице после урана. Их назвали *нептун* и *плутон*.

Обратите внимание, что первые две буквы в названии Плутон являются инициалами Персиваля Лоуэлла. Этому астроному все-таки удалось дать пусть не свое имя, но хотя бы свои инициалы планете. У Гершеля и Леверье даже это не получилось.

Глава 6

ВОКРУГ И ВОКРУГ И...

У любого автора, желающего написать книгу по астрономии, предназначенную для широкого круга читателей, непременно возникает проблема: как доступно объяснить, что Луна всегда обращена к Земле только одной стороной, но, тем не менее, вращается.

Для не имеющего соответствующего образования читателя, который никогда раньше не сталкивался с этим вопросом, здесь налицо явное противоречие. Тот факт, что Луна всегда повернута к нам одной стороной, у широких народных масс сомнения не вызывает: ведь даже невооруженным глазом видно, что темные пятна на лунной поверхности всегда находятся в одном положении. Но

при этом представляется очевидным, что Луна не вращается: если бы она поворачивалась, мы постепенно увидели бы ее со всех сторон.

Нет никакого смысла свысока усмехаться над неискушенностью среднестатистического читателя, потому что он абсолютно прав. Луна действительно не вращается относительно наблюдателя, находящегося на поверхности Земли. Когда же астрономы утверждают, что Луна вращается, они имеют в виду, что это движение происходит относительно других небесных тел.

К примеру, если некто на Солнце ведет наблюдение за Луной в течение длительного промежутка времени, он заметит, что линия, разделяющая освещенную сторону от теневой, медленно перемещается и Солнце последовательно освещает все участки лунной поверхности. Это означает, что для наблюдателя, находящегося на поверхности Солнца (не думаю, что их много), Луна будет вращаться, и наблюдатель сможет постепенно осмотреть ее целиком.

Наш читатель может подумать: «Я вижу только лицевую сторону Луны и считаю, что она не вращается. Наблюдатель на Солнце видит все стороны Луны и говорит, что она вращается. Вряд ли стоит сомневаться, что мое мнение важнее, чем заявление наблюдателя с Солнца, хотя бы потому, что я существую, а он нет. Хотя, даже если бы он существовал, все-таки я — это я, а он — неизвестно кто. Следовательно, я имею все основания настаивать на своем: Луна не вращается!»

Чтобы не продолжать эту никому не нужную дискуссию, следует рассмотреть проблему со всех сторон. Начнем, пожалуй, с вращения Земли — эта тема близка и понятна всем.

Для начала отметим один бесспорный факт: для наблюдателя на Земле Земля не вращается. Если вы останетесь в одном месте с какого-то момента и до конца света, то всегда будете видеть только одну часть земной поверхности, и ничего больше. Поэтому относительно вас планета неподвижна. И действительно, мы знаем многие примеры из истории человечества, когда даже умнейшие ученые мужи настаивали на том, что действительность (что бы это слово ни означало) в точности соответствует тому, что мы видим. Поэтому Земля действительно не вращается. В 1633 году Галилео Галилей, заявивший обратное, оказался в весьма неприятных обстоятельствах.

Но давайте предположим, что наш наблюдатель разместился на одной из звезд, расположенной (простоты ради) в плоскости земного экватора, или, иначе, на небесном экваторе (см. главу 3). Далее предположим, что в распоряжении наблюдателя имеется некий прибор, дающий ему возможность изучать поверхность Земли в мельчайших деталях. Для него Земля будет вращаться, потому что постепенно перед его глазами пройдут все участки ее поверхности. Заметив для себя какой-нибудь ориентир (пусть это будем мы с вами, стоящие в какой-то точке экватора), он сможет увидеть, как мы исчезнем из поля зрения, а затем появимся снова. Теперь, используя обычный хронометр, он сможет определить период вращения Земли.

Мы можем продублировать его действия: когда для наблюдателя на звезде мы находимся в центре видимого для него участка земной поверхности, мы видим его звезду прямо над головой. Он засечет время, которое потребуется нам, что-

бы вернуться в это же положение, а мы можем засечь время, за которое его звезда снова займет позицию над нашими головами. (Измерим это время в минутах. Минута равна 60 секундам, а секунда — $\frac{1}{31\,556\,925.9747}$ части тропического года.)

Период оборота Земли относительно звезд составляет 1436 минут, причем не имеет никакого значения, какую звезду мы выбрали для наблюдений. Видимое с Земли перемещение звезд друг относительно друга незначительно, поэтому вполне можно считать, что созвездия движутся как единое целое.

Промежуток времени, равный 1436 минутам, называется *звездным днем*.

Давайте представим, что наблюдатель находится на Солнце. Глядя оттуда на Землю, он, безусловно, заметит, что она вращается, но период вращения покажется ему не таким, как наблюдателю со звезды. Наш солнечный наблюдатель будет находиться гораздо ближе к Земле, достаточно близко, чтобы движение Земли вокруг Солнца стало фактором, который следует принять во внимание. При единичном обороте Земли (по мнению звездного наблюдателя), она продвинулась бы на заметное расстояние через пространство, а солнечный наблюдатель обнаружил бы, что созерцает планету уже под другим углом.

Эти результаты можно интерпретировать по отношению к наблюдателю на Земле. Чтобы в точности воспроизвести действия солнечного наблюдателя, мы, находясь на Земле, можем измерить период времени, прошедший от момента одного прохождения Солнца прямо над головой до момента следующего (иными словами, от полудня до полудня). Поскольку Земля движется

вокруг Солнца, кажется, что Солнце движется на фоне звездного неба с запада на восток. После прохождения одного звездного дня выбранная звезда должна будет вернуться и занять положение прямо над нашими головами, но Солнце переместится в восточном направлении в точку, откуда ему потребуется двигаться 4 минуты, чтобы оказаться прямо над нашими головами. Таким образом, солнечный день имеет продолжительность 1440 минут, то есть на 4 минуты длиннее, чем звездный день.

Далее предположим, что мы поместили наблюдателя на Луну. Он находится еще ближе к Земле, и видимое движение Земли относительно звезд для него в 13 раз более очевидно, чем для наблюдателя с Солнца.

Рассматривая ту же ситуацию с Земли, мы должны измерить время между последовательными прохождениями Луны прямо над головой. Луна сместится в восточном направлении относительно своего звездного фона на расстояние в 13 раз большее, чем Солнце. После завершения звездного дня нам придется ждать еще 54 минуты, чтобы Луна снова оказалась над нашими головами. То есть земной лунный день имеет продолжительность 1490 минут.

Так же мы можем вычислить период вращения Земли для наблюдателя с Венеры, Юпитера, кометы Галлея, искусственного спутника и т. д. Но я проявлю милосердие и воздержусь от этого. Давайте подведем краткие итоги уже проделанной работы:

звездный день	1436 минут
солнечный день	1440 минут
лунный день	1490 минут

И сразу возникает вполне разумный вопрос: какой же из этих дней настоящий?

Ответ заключается в том, что вопрос вовсе не разумный, а скорее наоборот. Не существует настоящего дня, как и настоящего периода вращения. Есть только различные видимые периоды, продолжительность которых зависит от положения наблюдателя. Говоря более научным языком, продолжительность периода вращения Земли зависит от выбранной системы координат, причем все системы координат равнозначны.

Но если последнее утверждение справедливо, выходит, что мы остаемся нигде? Или ни с чем?

Вовсе нет! Системы координат действительно равнозначны, но не одинаково удобны и полезны. При одних вычислениях выбранная система координат может быть чрезвычайно полезной, но при других — нет, и придется выбирать другую. Мы вправе выбирать и пользоваться любой из них, представляющейся в данной ситуации наиболее удобной.

Например, я сказал, что солнечные сутки длятся 1440 минут, но на самом деле это не совсем так. Из-за того, что земная ось наклонена к плоскости ее орбиты и Земля иногда находится ближе к Солнцу, а иногда — дальше (так что она движется то быстрее по орбите, то медленнее), солнечные сутки периодически продолжают несколько дольше или меньше 1440 минут. Если вы разметите все полдни в течение года, разделив их 1440 минутами, в некоторых случаях Солнце будет проходить над головой на 16 минут раньше своего расписания, а в других — на такое же время позже. К счастью, к концу года ошибки с разными знаками взаимно ликвидируют друг друга.

Поэтому период в 1440 минут не является истинной продолжительностью солнечных суток. Это средняя продолжительность всех солнечных суток года, так называемые *средние солнечные сутки*. И во все полдни, кроме четырех дней в году, над нашими головами проходит не настоящее Солнце, а воображаемое небесное тело, названное *средним Солнцем*. Оно располагается в том месте, где находилось бы настоящее Солнце, если бы двигалось равномерно.

Лунные сутки еще более неравномерны, чем солнечные, однако звездные сутки — понятие практически постоянное. Определенная звезда проходит над головой каждые 1436 минут.

Если мы собираемся вести измерение времени, представляется очевидным, что для этой цели лучше всего подходят звездные сутки, поскольку их длина наиболее постоянна. Если звездные сутки являются основой для проверки часов при прохождении звездой отметки на линзе телескопа, тогда сама Земля, вращаясь относительно звезд, служит в качестве эталонных часов и секунда может быть определена как $\frac{1}{1436,09}$ звездных суток. (В действительности продолжительность года является величиной еще более постоянной, чем продолжительность звездных суток, поэтому секунда теперь официально определяется как часть тропического года.)

Солнечные сутки, хотя и грешат непостоянством, имеют одно серьезное преимущество. Они основаны на положении Солнца, которое определяет, какая часть земной поверхности освещается, а какая находится в тени. Иными словами, солнечные сутки равны сумме периодов светово-

го дня и темного времени суток — ночи. Среднестатистический доисторический человек вряд ли обращал слишком пристальное внимание на положение звезд. Скорее всего, ему был безразличен тот факт, что одна из них в данный момент проходит прямо над его головой. Однако он не мог не заметить, что день сменяется ночью, и наверняка всегда определенно знал, день в данный момент на дворе или ночь, восход или заход, полдень или сумерки.

Этим определяется важность и полезность солнечных суток. Именно они явились первоначальной базой для измерения времени и разделены ровно на 24 часа, каждый из которых, в свою очередь, разделен на 60 минут ($24 \times 60 = 1440$ — таково число минут в солнечных сутках). При этом звездные сутки делятся на 23 часа 56 минут, а лунные — 24 часа 50 минут.

Ввиду исключительной важности и полезности солнечных суток человечество привыкло считать их истинными сутками и думать, что Земля в самом деле делает оборот за 24 часа. Здесь речь идет только о видимом движении относительно Солнца, которое является не более истинным или ложным, чем движение относительно любого другого объекта.

Понятие лунных суток также является весьма полезным. Если мыотрегулируем свои часы так, чтобы они теряли каждый час 2 минуты и 5 секунд, они станут идти на основе лунных суток. Тогда мы без труда обнаружим, что прилив (или отлив) наступает дважды в день в одно и то же время с перерывом в 12 часов (с незначительными отклонениями).

Но также важна система отсчета, связанная непосредственно с Землей, то есть предположе-

ние, что наша планета не вращается. Прицеливаясь, чтобы нанести удар по бильярдному шару, бросая бейсбольный мяч, планируя поездку по стране, мы никогда не принимаем во внимание вращение Земли. Мы предполагаем, что она спокойно стоит на месте.

Теперь давайте перейдем к Луне. Для наблюдателя с Земли, как я уже отметил ранее, она не вращается, поэтому ее «земные сутки» продолжаются бесконечно долго. Тем не менее, мы можем показать, что Луна все-таки вращается, передвинув систему координат (без объяснений — пусть читатель помучается). Можно передвинуть координатную плоскость к Солнцу или звездам таким образом, чтобы наглядно продемонстрировать не только сам факт вращения Луны, но и то, что существует два периода вращения.

Относительно звезд период вращения Луны составляет 27 суток 7 часов 43 минуты 11,5 секунд, или 27,3217 суток (где сутки — это 24-часовые средние солнечные сутки). Это — звездный день Луны. Это также период (относительно звезд) ее оборота вокруг Земли, поэтому его почти всегда называют звездным месяцем.

За один звездный месяц Луна проходит примерно $\frac{1}{13}$ часть своей орбиты вокруг Солнца, и для наблюдателя на Солнце точка обзора переместится на весьма значительный угол. Луна должна вращаться еще более двух суток, чтобы компенсировать его. Солнечный месяц имеет продолжительность 29 суток 12 часов 44 минуты 2,8 секунды, или 29,5306 суток.

Выбирая между этими двумя месяцами, человечество отдало явное предпочтение солнечному.

потому что фазы Луны зависят от взаимного положения Луны и Солнца. Один солнечный месяц, или 29,5306 суток, проходит от новолуния до новолуния, или от полнолуния до полнолуния. В древности, когда фазами Луны отмечали смену времен года, именно солнечный месяц стал наиболее важной единицей измерения времени. Конечно, требовалось приложить немало усилий, чтобы определить точный день, когда следующая новая Луна появится в небе, — без этого было бы невозможно вести календарь (см. главу 1). Заботу об этом доверяли касте священнослужителей. Кстати, само слово *календарь* произошло от латинского слова, значащего «провозглашать», потому что начало каждого месяца провозглашалось соответствующими церемониями. Собрание официальных лиц духовенства (как те, что в древности объявляли о начале нового месяца) называют *синодом*. Поэтому солнечный месяц называется *синодическим месяцем*.

Чем дальше планета от Солнца и чем быстрее она движется относительно звезд, тем меньше несовпадение между звездным днем и солнечным днем. Для всех планет, расположенных дальше Земли, этим несовпадением можно пре-небречь.

Для двух планет, чьи орбиты проходят ближе к Солнцу, чем земная, это расхождение очень велико. Меркурий и Венера оборачиваются, вечно повернувшись одной стороной к Солнцу, и не имеют солнечного дня. Однако они вращаются относительно звезд, поэтому имеют звездный день, который равен периоду их обращения вокруг Солнца (снова относительно звезд).

Если спутники в Солнечной системе (см. главу 7) постоянно обращены одной стороной к ос-

новой планете, то их звездный день равен периоду оборота вокруг своей планеты.

Тогда я могу составить таблицу (ничего подобного мне раньше видеть не доводилось) с указанием звездных периодов обращения для каждого из 32 основных небесных тел Солнечной системы. Для наглядности я приведу периоды обращения в минутах и расположу их в таблице в порядке убывания. После каждого названия спутника я приведу в скобках название основной планеты и число, показывающее положение спутника, считая от планеты.

Небесное тело	Звездный день (минуты)
Венера	324 000
Меркурий	129 000
Япет (Сатурн-8)	104 000
Луна (Земля-1)	39 300
Солнце	35 060
Гиперион (Сатурн-7)	30 600
Каллисто (Юпитер-5)	24 000
Титан (Сатурн-6)	23 000
Оберон (Уран-5)	19 400
Титания (Уран-4)	12 550
Ганимед (Юпитер-4)	10 300
Плутон	8650
Тритон (Нептун-1)	8450
Рея (Сатурн-5)	6500
Умбриель (Уран-3)	5950
Европа (Юпитер-3)	5100
Диона (Сатурн-4)	3950
Ариель (Уран-2)	3630
Тэфия (Сатурн-3)	2720
Ио (Юпитер-2)	2550
Миранда (Уран-1)	2030

Энцелад (Сатурн-2)	1975
Деймос (Марс-2)	1815
Марс	1477
Земля	1436
Мимас (Сатурн-1)	1350
Нептун	948
Амалфея (Юпитер-1)	720
Уран	645
Сатурн	614
Юпитер	590
Фобос	460

Эти числа показывают время, которое требуется звездам, чтобы совершить полный круг по небу, относительно системы координат, расположенной на поверхности рассматриваемого небесного тела. Если вы разделите каждое число на 720, то получите количество минут, которые затратит звезда (в районе небесного экватора данного тела), чтобы пройти ширину Солнца или Луны, как это видно с Земли.

Что касается самой Земли, это занимает 2 минуты, и ни секундой больше, хотите — верьте, хотите — нет. На Фобосе (внутренний спутник Марса) — чуть больше, чем полминуты. Звезды будут вертеться по небу со скоростью, в четыре раза превышающей обычную, а надувшийся Марс будет неподвижно висеть в небе. Представляете, какое зрелище!

С другой стороны, наблюдатель на Луне может убедиться, что звезде, чтобы покрыть расстояние, равное видимой ширине Солнца, потребуется 55 минут. Там небесные тела можно изучать на протяжении длительных отрезков времени, значительно более продолжительных, чем на Земле. Никогда не слышал, чтобы этот

довод приводился в качестве аргумента для создания лунного телескопа. Этот факт, конечно при условии отсутствия облаков и других неблагоприятных атмосферных явлений, должен сделать лунную обсерваторию перспективой очень привлекательной, ради которой можно было бы пойти и на межпланетное путешествие.

На Венере звезда пройдет расстояние, равное видимой ширине Солнца, за 450 минут, или 7,5 часов. Что ни говори, там можно было бы устроить настоящий рай для астрономов, конечно при условии отсутствия облачности.

Глава 7

ДАВАЙТЕ ПОБРОДИМ... ПОСМОТРИМ...

В книгах по астрономии (а я их видел, поверьте, немало) обязательно содержится таблица, где перечислены планеты Солнечной системы с указанием диаметра, расстояния от Солнца, времени оборота, альбедо, плотности, числа спутников и т. д.

Я очень люблю числа и отношусь к ним с большим уважением, поэтому всегда с жадностью набрасываюсь на такие таблицы в надежде обнаружить новую информацию. И иногда получаю награду в виде данных о температуре на поверхности, орбитальной скорости и т. д. Однако информации всегда оказывается мало.

Поэтому всякий раз, когда мой мозг начинает настойчиво требовать очередную порцию пищи для размышлений, я даю ему информацию, которой в данный момент располагаю, затем посвящая долгие часы досуга выводам, предположениям и формулировке всевозможных

гипотез. (По крайней мере, я занимался этим в те далекие времена, когда еще имел досуг.)

В общем, я и теперь этим занимаюсь, только облакаю результаты своих размышлений в форму очерков и статей. Если хотите, присоединяйтесь ко мне: мы вместе побродим, оглядимся по сторонам и посмотрим, что получится.

Давайте начнем так...

Если верить Ньютону, каждый объект во Вселенной притягивает другой объект с силой (f), пропорциональной произведению масс этих объектов (m_1 и m_2), деленной на квадрат расстояния между их центрами (d). Чтобы получить равенство, умножаем результат на гравитационную постоянную (g).

$$f = \frac{gm_1m_2}{d^2} \quad (\text{формула 1})$$

Это означает, что существует притяжение между Землей и Солнцем, между Землей и Луной, а также между Землей и всеми планетами, спутниками, метеоритами и каждой песчинкой космической пыли во Вселенной.

К счастью, Солнце так огромно по сравнению со всеми остальными объектами Солнечной системы, что при расчете орбиты Земли или любой другой планеты делается допущение (если рассматриваются только Солнце и конкретная планета), что они одни во Вселенной. Влияние остальных небесных тел может быть подсчитано позже.

Так же можно рассчитать орбиту спутника, предположив, что он и его основная планета одни во Вселенной.

Здесь есть кое-что, на мой взгляд, чрезвычайно интересное. Если Солнце многократно массивнее любой планеты, разве оно не должно оказывать влияние и на спутники, даже находясь на значительно большем расстоянии, чем его родная планета? Если так, каким образом можно оценить это влияние?

Представим себе этот процесс в виде перетягивания каната, на одном конце которого находится спутник со своей планетой, а на другом — Солнце. Как поведет себя Солнце в этом соревновании?

Думаю, что астрономы все это давно подсчитали, однако я ни разу не видел результатов этих расчетов в литературе, поэтому решил выполнить их сам.

Вот что можно сделать. Давайте обозначим массу спутника m , массу его планеты (вокруг которой он вращается) m_p , массу Солнца — m_s . Расстояние от спутника до планеты у нас будет d_p , а расстояние от спутника до Солнца — d_s . Гравитационная сила, действующая между спутником и планетой, — f_p , а между спутником и Солнцем — f_s . Вот и все. Обещаю, больше вы не увидите никаких новых обозначений, по крайней мере в этой главе.

Из формулы 1 видно, что сила притяжения между спутником и планетой:

$$f_p = \frac{gmm_p}{d_p^2} \quad (\text{формула 2}),$$

а между тем же спутником и Солнцем:

$$f_s = \frac{gmm_s}{d_s^2} \quad (\text{формула 3}).$$

Нам интересно узнать, насколько гравитационная сила, действующая между спутником и планетой, сравнима с аналогичной силой, действующей между спутником и Солнцем. Иными словами, чрезвычайно любопытно вычислить отношение f_p/f_s , которое можно назвать «коэффициентом перетягивания каната». Чтобы его получить, следует разделить формулу 2 на формулу 3. Результат приведен в формуле 4:

$$f_p/f_s = (m_p/m_s) (d_s/d_p)^2 \quad (\text{формула 4}).$$

При делении формула несколько упростилась. Во-первых, исчезла гравитационная постоянная, и нам не придется иметь дело с малыми числами и неудобными размерностями. С другой стороны, сократилась масса спутника (иными словами, для получения «коэффициента перетянутого каната» не имеет значения размер спутника).

В формуле остались отношение массы планеты к массе Солнца, а также квадрат отношения расстояния от спутника до Солнца к расстоянию от спутника до планеты.

Спутники имеют только шесть планет. Это Нептун, Уран, Сатурн, Юпитер, Марс и Земля (в порядке убывания расстояния от Солнца).

Произведя подсчет отношения масс, получим следующие результаты:

Нептун	0,000052
Уран	0,000044
Сатурн	0,00028
Юпитер	0,00095
Марс	0,00000033
Земля	0,0000030

Как видите, отношение масс явно в пользу Солнца. Даже Юпитер — самая тяжелая из планет — не дотянул до $\frac{1}{1000}$ массы Солнца. В действительности суммарная масса всех планет (с учетом спутников, астероидов, комет и метеоритов) составляет не более $\frac{1}{750}$ массы Солнца.

Пока у Солнца имеются все шансы выиграть соревнования по перетягиванию каната.

Однако нам следует рассмотреть и отношение расстояний, а здесь все говорит в пользу планеты, потому что любой спутник располагается ближе к своей родной планете, чем к Солнцу. Тем более, что это отношение расстояний следует еще возвести в квадрат. После этого уже можно почти не сомневаться, что Солнце не перетянет канат. Но все-таки проверим.

Начнем с Нептуна. Он имеет два спутника — Тритон и Нереиду. Среднее расстояние каждого из них от Солнца примерно такое же, как среднее расстояние Нептуна от Солнца, — 2 797 000 000 миль. Среднее расстояние Тритона от Нептуна — 220 000 миль, а среднее расстояние Нереиды от Нептуна — 3 460 000 миль.

Разделив расстояние от Солнца на расстояние от Нептуна до каждого спутника и возведя результат в квадрат, получим 162 000 000 для Тритона и 655 000 для Нереиды. Умножив каждое из этих чисел на отношение масс Нептуна и Солнца, получим следующие коэффициенты:

Тритон	8400
Нереида	34

Таким образом, условия, в которых существуют спутники, очень различны. Гравитационное

влияние Нептуна на свой ближайший спутник — Тритон — намного больше, чем влияние на него Солнца. Нептун схватил Тритон весьма уверенно. Притяжение Нептуном своего внешнего спутника — Нереиды — является значительным, но не подавляющим по сравнению с Солнцем. К тому же Нереида имеет эксцентричную орбиту, и более эксцентричной орбиты нет ни у одного спутника в Солнечной системе. В одном ее конце Нереида приближается к Нептуну на 800 000 миль, в другом удаляется более чем на 6 000 000 миль. В точке наибольшего удаления от планеты «коэффициент перетягиваемого каната» имеет необыкновенно низкую величину — всего лишь 11!

По многим причинам (одной из которых является эксцентричность ее орбиты) астрономы обычно считают, что Нереида является не настоящим спутником Нептуна, а малой планетой, случайно попавшей в его гравитационное поле.

То, что Нептун так слабо держит Нереиду, казалось бы, подтверждает это. Действительно, объединение Нептуна и Нереиды вполне может быть временным явлением. Возможно, что эффект солнечного тяготения когда-нибудь вырвет спутник из объятий Нептуна. Зато Тритон никогда не покинет своего отца, конечно, если не произойдет катастрофы вселенского масштаба.

Я не стану приводить в этой книге подробные вычисления для всех спутников Солнечной системы. Поверьте, что я их выполнил, и теперь кратко познакомлю вас с основными результатами. Уран, например, имеет пять спутников, все они вращаются в плоскости экватора планеты, и астрономы не сомневаются, что все пять — на-

стоящие спутники. Это Миранда, Ариель, Умбриель, Титания и Оберон.

«Коэффициенты перетягиваемого каната» для этих спутников следующие:

Миранда	24 600
Ариель	9850
Умбриель	4750
Титания	1750
Оберон	1050

Другими словами, все они находятся в крепких объятиях Урана.

Теперь мы перейдем к Сатурну, имеющему девять спутников: Мимас, Энселад, Тефия, Диона, Рея, Титан, Гиперион, Япет и Феба. Восемь из них, расположенные ближе к планете, вращаются в плоскости экватора Сатурна и считаются его настоящими спутниками. Девятый, Феба, имеет наклонную орбиту и, судя по всему, является захваченным гравитационным полем астероидом.

«Коэффициент перетягиваемого каната» для этих спутников следующий:

Мимас	15 500
Энселад	9800
Тефия	6400
Диона	4150
Рея	2000
Титан	380
Гиперион	260
Япет	45
Феба	$3\frac{1}{2}$

Обратите внимание на низкое значение коэффициента для Фебы.

Юпитер имеет двенадцать спутников. Я рассмотрю их в два этапа. Первые пять — Амалфея, Ио, Европа, Ганимед и Каллисто — вращаются в плоскости экватора планеты и считаются настоящими спутниками. Искомый коэффициент для них:

Амалфея	18 200
Ио	3260
Европа	1260
Ганимед	490
Каллисто	160

Иными словами, Юпитер держит их крепко.

Однако у планеты имеется еще семь спутников, не имеющих официальных названий (см. главу 5), которые известны под номерами, обозначенными римскими цифрами (от VI до XII). Они присваивались по мере их открытия. Если расположить эти спутники в порядке возрастания расстояния от планеты, получится следующий ряд: VI, X, VII, XII, XI, VIII, IX. Все они малы, имеют эксцентрисические орбиты и вращаются в плоскостях, наклоненных под разными углами к плоскости экватора Юпитера. Астрономы считают их захваченными астероидами. (Юпитер намного больше других планет и располагается ближе к поясу астероидов, поэтому вряд ли стоит удивляться, что он сумел захватить семь из них.)

Последнее подтверждает и низкое значение рассматриваемого коэффициента.

VI	4,4
X	4,3
VII	4,2
XII	1,3
XI	1,2
VIII	1,03
IX	1,03

Юпитер явно не стремится удержать свои внешние спутники во что бы то ни стало.

У Марса два спутника — Фобос и Деймос, оба имеют небольшие размеры и располагаются очень близко к планете. Они вращаются в плоскости марсианского экватора и являются настоящими спутниками. «Коэффициент каната» для них имеет следующие значения:

Фобос	195
Деймос	32

Таким образом я выполнил расчеты для 30 спутников, из которых 21 считается настоящим, а 9 рассматриваются как захваченные астероиды. Я пока ничего не говорю о 31-м спутнике, которым является наша Луна, но обязательно вернусь к этому вопросу. Подведем итоги.

Планета	Число спутников	
	настоящих	захваченных
Нептун	1	1
Уран	5	0
Сатурн	8	1
Юпитер	5	7
Марс	2	0

Маловероятно, что будут еще обнаружены настоящие спутники (хотя кто знает: Миранда была открыта в 1948 году), но что касается захваченных астероидов, они могут появляться в неограниченном количестве.

Давайте проанализируем величины «коэффициента каната» спутников. Среди настоящих спутников наиболее низок он у Деймоса — 32. С другой стороны, среди девяти спутников, считающихся захваченными астероидами, самый высокий коэффициент у Нереиды — 34.

Будем считать цифру 30 минимальным значением для настоящего спутника. Тогда все спутники, имеющие меньшие значения коэффициента, вероятнее всего, являются захваченными астероидами и могут быть временными членами семьи планет.

Зная массу планеты и ее расстояние от Солнца, можно подсчитать расстояние от центра планеты, на котором будет действовать этот коэффициент. Для этой цели воспользуемся формулой 4, приняв отношение f_p/f_s равным 30. Подставив известные величины m_p , m_s и d_s , вычислим d_p . Получим максимальное расстояние, на котором можно обнаружить настоящий спутник. Единственная планета, для которой нельзя выполнить такие вычисления, — Плутон, масса которой не определена. Ну и что? Пропустим Плутон!

Также мы можем установить минимальное расстояние, на котором еще можно обнаружить настоящий спутник. Доказано, что если спутник подойдет к планете ближе некоторого минимального расстояния, то не сохранит устойчивость на орбите. Это расстояние называется «пределом Роша» по имени французского астронома Э. Роша, подсчитавшего его в 1849 году. Предел Роша — это расстояние от центра планеты, равное 2,44 ее радиуса.

Я выполнил расчеты для четырех внешних планет и свел результаты в таблицу.

Планета	Расстояние, на котором может находиться настоящий спутник (мили от центра планеты)	
	максимальное («к-т каната» = 30)	минимальное (предел Роша)
Нептун	3 700 000	38 000
Уран	2 200 000	39 000
Сатурн	2 700 000	87 000
Юпитер	2 700 000	106 000

Как видите, каждая из этих планет, имеющих большую массу и расположенных на значительном удалении от Солнца, имеет достаточно свободного пространства для сложной системы спутников. Поэтому на эти четыре планеты и приходится подавляющее большинство спутников — 21.

Сатурн удерживает около себя кольцевую систему, которая нарушает границу предела Роша. Край кольцевой системы находится в 85 000 миль от центра планеты. Очевидно, вещество колец вполне могло стать спутником, если бы не находилось так близко к планете.

Мы видим только планеты нашей Солнечной системы. В связи со спутниками есть смысл говорить только о четырех самых крупных планетах.

Из них Сатурн имеет систему колец, а Юпитер ею едва не обзавелся. Самый близкий к планете спутник, Амалфея, расположен в 110 000 милях от ее центра, а предел Роша составляет 106 000 миль. Всего несколько тысяч миль — и у Юпитера тоже появились бы кольца. Мне представляется, что когда мы начнем изучать другие звездные системы, то непременно обнаружим, что больше половины больших планет будут обладать кольцами, как Сатурн.

Теперь давайте попробуем выполнить аналогичные расчеты для внутренних планет. Поскольку все они обладают гораздо меньшими габаритами и расположены намного ближе к Солнцу — своему основному сопернику, можно предположить, что диапазон расстояний, доступных для движения спутников, будет более

ограниченным. И это действительно так и есть. Я выполнил соответствующие расчеты и свел их в таблицу.

Планета	Расстояние, на котором может находиться настоящий спутник (мили от центра планеты)	
	максимальное («к-т каната» = 30)	минимальное (предел Роша)
Марс	15 000	5150
Земля	29 000	9600
Венера	19 000	9200
Меркурий	1300	3800

Таким образом, вы можете сами убедиться, что если вокруг внешних планет спутники могут вращаться в диапазоне двух миллионов миль и больше, то у внутренних планет пространство для них куда более ограничено. Марс и Венера приберегли для них лишь по 10 000 миль, у Земли спутники могут чувствовать себя более вольготно: на расстоянии до 20 000 миль.

Меркурий представляется наиболее интересным случаем. Максимальное расстояние, на котором может оказаться естественный спутник, в условиях неравного состязания с находящимся поблизости с Солнцем, уже попадает в границы предела Роша. Из этого следует, что Меркурий не может иметь естественных спутников.

Эта планета действительно не имеет спутников, но, насколько я знаю, никто это не потрудился объяснить. Этот факт принимается как эмпирический. Если кто-то из моих великодушных читателей, обладающих более обширными знаниями в области астрономии, укажет на мои ошибки, я отнесусь к этому с философским смирением. В конце концов, я не профессионал и

занимаюсь исследованиями и расчетами ради собственного удовольствия.

У Венеры, Земли и Марса все-таки есть немного места для спутников. Правда, его очень мало и шансы собрать достаточно вещества даже для маленького спутника невелики.

Так случилось, что ни у Венеры, ни у Земли в обозначенных границах спутников нет, а у Марса их два, но оба имеют такие маленькие размеры (один в диаметре 12 миль, другой — 6), что их и спутниками можно назвать с большой натяжкой.

С чувством глубокого удовлетворения могу отметить, что все мои соображения, приведенные выше, блестяще подтверждаются на практике существующими спутниковыми системами различных планет. И мне немного стыдно, что до сей поры я обходил молчанием одну небольшую деталь, можно сказать, крошечный пустичок...

Какое место в выстроенной мной стройной, изящной системе занимает наша Луна?

Если следовать моим выводам, — а мне они очень нравятся, чтобы легко от них отказаться, — она слишком далеко от Земли, чтобы быть ее настоящим спутником. Но она слишком велика, чтобы быть захваченной гравитационным полем Земли. Шансы на это представляются ничтожными.

Существуют теории, что когда-то Луна находилась намного ближе к Земле (в границах, отведенных мною для настоящих спутников), но постепенно удалась. У меня на это есть возражение. Если Луна когда-то была настоящим спутником, первоначально кружившим вокруг Земли на расстоянии, к примеру, 20 000 миль, она почти наверняка вращалась бы в плоскости земного экватора. Однако она этого не делает!

Тогда возникает закономерный вопрос: если Луна не является ни настоящим спутником, ни захваченным, что же это такое? Вероятно, вы удивитесь, но ответ у меня есть. Для наглядности давайте вернемся к моим вычислениям «коэффициента перетягивания каната». Для одного спутника я этот коэффициент не вычислил. Давайте сделаем это сейчас.

Среднее расстояние от Земли до Луны — 237 000 миль, а среднее расстояние от Луны до Солнца — 93 000 000 миль. Отношение расстояний — 392. Если это число возвести в квадрат, получится 154 000. Отношение массы Земли к массе Солнца было приведено ранее в этой главе и составляет 0,0000030. Умножив это число на 154 000, получим искомый коэффициент — 0,46.

Иными словами, Луна занимает среди остальных спутников Солнечной системы совершенно особое положение. Она уникальна тем, что ее родная планета — Земля — проиграла соревнование с Солнцем по «перетягиванию каната». Солнце притягивает Луну в два раза сильнее, чем Земля.

Таким образом, мы можем рассматривать Луну не как настоящий или захваченный в гравитационное поле спутник, а как самостоятельную планету, которая движется вокруг Солнца «в ногу» с Землей. Если вы изобразите в масштабе орбиты Земли и Луны вокруг Солнца, то увидите, что лунная орбита постоянно вогнута в сторону Солнца. Она всегда «падает» к Солнцу. Все остальные спутники, причем без единого исключения, «падают» в противоположную сторону.

Не забывайте, что Луна вращается вокруг Земли вовсе не в плоскости земного экватора, как этого следовало ожидать от спутника. Плоскость ее орбиты подходит достаточно близко к эклиптике, то есть к плоскости, в которой планеты обычно вращаются вокруг Солнца. Именно так и должна вести себя планета!

Представляется возможным, что существует некое промежуточное состояние между тяжелой планетой, расположенной далеко от Солнца и представляющей собой ядро с многочисленными спутниками вокруг, и маленькой планетой недалеко от Солнца, которая также является ядром, но уже без спутников. Разве не могут создаться условия, при которых произойдет сгущение вещества, и из двух ядер образуется, так сказать, двойная планета?

Возможно, Земля лишь подошла к границе допустимой массы и расстояния, она оказалась немного меньше и чуть ближе, чем нужно. Быть может, если бы мы были немного иначе расположены, две половинки двойной планеты оказались бы больше похожи? На обеих могла быть атмосфера, океаны, а главное — жизнь. Нельзя исключить, что в иных звездных системах двойные планеты — обычное дело.

Как стыдно, если мы прозевали такое...

А быть может (кто знает), какое счастье!

Глава 8

ПЕРВАЯ И ПОСЛЕДНЯЯ

В начальных классах мне очень нравилось раскачиваться на кольцах в спортзале (тогда я был легче и отчаяннее). Как-то раз я почувство-

вал усталость (это упражнение требует немалых физических усилий) и выпустил кольца из рук, раскачавшись очень сильно.

Я решил (до сих пор помню это совершенно отчетливо), что мой полет будет продолжаться по полуокружности вверх, пока сила тяжести вступит в свои права, после чего я легко приземлюсь на ноги, совершив красивое *entrechat*.

Действительность оказалась намного прозаичнее. Я некоторое время летел по касательной к описываемой полуокружности в той точке, где отпустил кольца, после чего тяжело и неуклюже шлепнулся на бок.

Слегка очухавшись, я встал¹ и, пошатываясь, вышел из зала. За всю жизнь мне не пришлось пережить более тяжелого падения.

Не могу не отметить, что этот случай дал мне изрядную пищу для ума. Впоследствии я много размышлял о проблемах инерции, обдумывал способы сложения векторов и даже вывел некоторые закономерности дифференциального исчисления.

Откровенно говоря, после этого падения я впервые осознал тот факт, что сила тяжести может быть очень опасной и, если ее ежеминутно не контролировать, в прямом смысле способна сразить тебя наповал.

С этой силой сталкивается каждое человеческое существо, причем очень рано. Ребенок, делающий первые шаги в возрасте года или около

¹ Странная все-таки бывает у людей реакция. Поднявшись на ноги, я не обратил никакого внимания на ненормально вывернутое запястье правой руки, а с беспокойством поднес к уху запястье левой руки. В тот момент меня больше волновал не возможный перелом, а исправность наручных часов.

того, непременно спотыкается и падает, — так он начинает познавать действие силы тяжести на практике.

Мне рассказывали, что дети обладают инстинктивным страхом перед падением, причем он заложен в них с доисторических времен, когда наши далекие предки — человекообразные обезьяны — жили на деревьях и боялись с них свалиться.

Тогда можно сказать, что гравитация — это первая сила, с которой сталкивается любое человеческое существо. Мы никогда не забываем о ее существовании, ведь при каждом шаге, вздохе или ударе сердца нам приходится ее преодолевать. И для этого мы никогда не прекращаем прилагать определенные усилия.

Немного утешает то, что эта мощная сила является нашей защитницей. Она привязывает нас к поверхности планеты и не позволяет улететь в космос. Также она удерживает на Земле воздух и воду, которыми мы постоянно пользуемся. Кстати, она держит и саму Землю на орбите вокруг Солнца, в результате чего мы получаем необходимые нам свет и тепло.

Людам часто кажется удивительным, что гравитация — отнюдь не самая мощная сила во Вселенной. Сравним ее с электромагнитной силой, которая позволяет магниту притягивать железо, а протону — электрон. (Электромагнитная сила может не только притягивать, но и отталкивать, что недоступно для гравитации. Но не будем пока об этом.)

Каким образом можно провести сравнение относительных величин электромагнитной и гравитационной силы?

Представим себе два объекта, которые остались единственными во Вселенной. Гравитационная сила, действующая между ними, может быть найдена по следующей формуле (ее вывел еще Ньютон):

$$F_g = \frac{gmm'}{d^2} \quad (\text{формула 1}).$$

Здесь F_g — гравитационная сила, действующая между двумя объектами, m , m' — масса объектов, d — расстояние между ними, а g — универсальная гравитационная постоянная.

Особое внимание следует обратить на единицы измерения. Если измерить массу в граммах, расстояние в сантиметрах, а g в более сложных единицах, гравитационную силу мы получим в динах. (Еще до конца этой главы мы откажемся от этой единицы измерения силы, поэтому нет никакой необходимости подробно объяснять, что это такое. Объяснение вы найдете в главе 13.)

Итак, перейдем к делу. Величина g является постоянной (насколько нам это известно) для всей Вселенной. В тех единицах, которыми я в настоящее время пользуюсь, это $6,67 \times 10^{-8} = 0,0000000667$.

Теперь давайте представим, что мы рассматриваем объекты с одинаковой массой. Это означает, что $m = m'$, а $mm' = mm = m^2$. Более того, давайте предположим, что расстояние между центрами частиц составляет ровно 1 см. В этом случае $d = 1$, $d^2 = 1$. Формула 1 приобретает следующий вид:

$$F_g = 0,0000000667 \text{ м}^2 \quad (\text{формула 2}).$$

Теперь можно перейти к электромагнитной силе, которую мы обозначим F_e .

Ровно через 100 лет после открытия Ньютоном закона тяготения французский физик Шарль Августин де Кулон вывел очень похожую формулу для электромагнитной силы, действующей между двумя заряженными объектами.

Теперь предположим, что два объекта, для которых мы рассчитываем гравитационные силы, также несут электрический заряд, так что на них действует еще и электромагнитная сила. Дабы убедиться в том, что электромагнитная сила является притягивающей и сравнимой с гравитационной силой притяжения, предположим, что один объект несет положительный электрический заряд, а второй — отрицательный. (Принцип сохранится, даже если мы будем использовать одноименные заряды и измерять силу электромагнитного отталкивания, но зачем отвлекать внимание?)

Кулон доказал, что электромагнитная сила, действующая между двумя объектами, выражается формулой:

$$F_e = \frac{qq'}{d^2} \quad (\text{формула 3}),$$

где q , q' — заряды объектов, а d — расстояние между ними.

Если предположить, что расстояние измеряется в сантиметрах, а электрические заряды в электростатических единицах, нет необходимости вводить в формулу аналог гравитационной постоянной при условии, что объекты находятся в вакууме. А так как я предположил, что рассматриваемые объекты одни во Вселенной, между ними может быть только вакуум.

При использовании упомянутых мною выше единиц электромагнитная сила выражается в динах.

Давайте упростим вопрос и предположим, что величина положительного электрического заряда одного из объектов равна величине отрицательного электрического заряда другого объекта, то есть $q = q'$. (Для наглядности можно указать у одного из них знак «минус». Тогда можно утверждать, что, если величина электромагнитной силы отрицательна, объекты притягиваются, а если положительна — отталкиваются. Однако для наших целей это не является важным. Поскольку электромагнитное притяжение и отталкивание являются проявлениями одной и той же силы, в дальнейшем мы будем игнорировать знаки.) Таким образом, $q = q'$, а $qq' = qq = q^2$. Допустим, расстояние между центрами зарядов ровно 1 см, тогда $d^2 = 1$, а формула 3 приобретает вид:

$$F_e = q^2 \quad (\text{формула 4}).$$

Подведем итоги. Мы имеем два объекта, расстояние между центрами которых равно 1 см, несущие одинаковые по величине (но не по знаку) электрические заряды и имеющие одинаковую массу (без ограничений). Между ними действует гравитационное и электромагнитное притяжение.

Теперь определим соотношение электромагнитной и гравитационной сил. Чтобы это сделать, разделим формулу 4 на формулу 2. В результате получим:

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{q^2}{0,000000067 \text{ м}^2} \quad (\text{формула 5}).$$

Десятичная дробь в знаменателе — вещь весьма неудобная, но мы легко можем перенести ее в числитель, разделив на нее 1. Поскольку $1:0,0000000667 = 15\,000\,000$, формула 5 примет вид:

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{15\,000\,000\, q^2}{m^2} \quad (\text{формула 6})$$

или еще проще:

$$\frac{F_e}{F_g} = 15\,000\,000\, (q/m)^2 \quad (\text{формула 7}).$$

Так как обе силы измеряются в динах, при делении размерности сократятся, и мы получим «чистое число». Получается, что одна сила больше другой в некое фиксированное число раз, которое останется неизменным, какими бы единицами мы ни пользовались (кто знает, в каких единицах соберется измерять силу разумное существо с пятой планеты звезды Фамальгаут?). Мы получили универсальную постоянную.

Чтобы определить отношение двух сил, необходимо, как следует из формулы 7, найти величину q/m , то есть отношение величины заряда объекта к его массе. Рассмотрим сначала заряд.

Все объекты состоят из мельчайших субатомных частиц, которые можно подразделить на три класса (по величине и знаку заряда).

1) В класс А входят частицы, которые подобно нейтрону и нейтрино не имеют заряда вообще, то есть его величина равна 0.

2) В класс В входят частицы, которые подобно протону и позитрону несут положительный

электрический заряд, причем всегда одинаковый по величине. По другим характеристикам они могут отличаться. Величина этого заряда может считаться $+1$.

3) Класс C включает в себя частицы, которые подобно электрону и антипротону несут отрицательный электрический заряд, величина которого также всегда постоянна и равна -1 .

Отсюда следует, что объект любого размера может иметь электрический заряд, равный нулю, если ему «повезло» состоять из нейтральных частиц и/или равного количества положительно и отрицательно заряженных частиц.

Для такого объекта $q = 0$ независимо от того, сколь велика его масса; и величина $q:m = 0$. Как следует из формулы 7, $F_e:F_g = 0$. Гравитационная сила не может быть равной нулю (разве что объект вообще не имеет массы), поэтому при таких условиях она имеет величину значительно большую, чем электромагнитная сила, и остается для рассмотрения в одиночестве.

Сказанное выше справедливо для реальных тел. Суммарные электрические заряды Земли и Солнца фактически равны нулю, и при расчете земной орбиты следует учитывать только гравитационное притяжение между этими небесными телами.

И все же случай, когда $F_e = 0$, а значит, и $F_e:F_g = 0$, является только одним экстремумом, причем не самым интересным. Как насчет другого экстремума, когда можно представить объект, несущий максимальный заряд?

Если мы собираемся сделать заряд максимальным, прежде всего следует избавиться от нейтральных частиц, которые увеличивают массу, не увеличивая заряд. Предположим, мы по-

лучили некий материальный объект, состоящий только из заряженных частиц. Понятно, что нет смысла создавать его из частиц, имеющих заряды с разными знаками, которые взаимно нейтрализуют друг друга, и суммарный заряд станет меньше максимально возможного.

Тогда нам потребуется один объект, состоящий только из положительно заряженных частиц, а другой — только из отрицательно заряженных частиц.

Хотя все заряженные частицы несут заряды одинаковой величины (-1 или $+1$), они могут иметь различные массы. Нам потребуются заряженные частицы минимально возможной массы. В этом случае максимально возможный заряд приходится на минимально возможную массу, а величина отношения q/m является максимальной.

Известно, что отрицательная частица минимальной массы — это электрон, а положительная — позитрон. Для этих тел отношение q/m имеет максимальную величину по сравнению с любыми другими известными объектами (пока нет оснований ожидать, что в обозримом будущем откроют объект, для которого q/m будет больше).

Представьте, что мы имеем дело с двумя объектами, один из которых содержит определенное количество электронов, а другой — такое же число позитронов. Между ними будет действовать определенная электромагнитная сила, а также некая гравитационная сила.

Если утроить количество электронов в первом объекте, а также утроить число позитронов в дру-

гом, суммарный заряд каждого из них увеличится в три раза, а электромагнитная сила возрастет в $3 \times 3 = 9$ раз. Но общая масса каждого объекта также утроится, а гравитационная сила возрастет в $3 \times 3 = 9$ раз. Каждая сила возрастает, но одинаково, поэтому пропорция сохраняется.

Поскольку нас интересует только отношение двух сил, электромагнитной и гравитационной, а оно остается неизменным, как бы ни изменялось количество электронов в одном теле и число позитронов в другом, зачем утруждать себя сложными вычислениями, если все можно свести к простейшему числу 1.

Давайте рассмотрим единичные электрон и позитрон, которые находятся на расстоянии 1 см друг от друга. Такая система даст нам максимальное значение отношения величин электромагнитной и гравитационной сил.

Интересно, что электрон и позитрон имеют одинаковые массы. Эта масса в граммах (эту единицу массы мы используем в расчетах) равна $9,1 \times 10^{-28}$, или, если вам так больше нравится, 0,000000000000000000000000000091.

Электрический заряд электрона равен заряду позитрона (только имеет другой знак). В электростатических единицах, принятых нами в расчетах, его величина равна $4,8 \times 10^{-10}$, или 0,00000000048.

Разделив величину заряда на массу, получим $5,3 \times 10^{17}$, или 530 000 000 000 000 000.

Однако, согласно формуле 7, отношение q/m необходимо возвести в квадрат. Выполнив это несложное действие, получим $2,8 \times 10^{35}$, или 280 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000.

Полученный результат, согласно формуле 7, следует еще умножить на 15 000 000, после чего

мы, наконец, получим искомую величину. Она составит $4,2 \times 10^{42}$, или 4 200 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000.

Поэтому можно сделать вывод, что электромагнитная сила при самых благоприятных условиях многократно превышает гравитационную.

В реальных условиях вокруг нас не существует электронных/позитронных систем, поскольку позитронов фактически не существует. Наша Вселенная, насколько нам известно, удерживается в виде единого целого благодаря силе притяжения между электронами и протонами. Протон в 1836 раз тяжелее электрона, поэтому гравитационное притяжение увеличивается без сопутствующего роста электромагнитного притяжения. В этом случае отношение сил $F_e:F_g = 2,3 \times 10^{39}$.

В физическом мире существуют и другие необычайно важные силы. Это ядерные силы сильного и слабого взаимодействия. Причем все они многократно превосходят по величине силу гравитации.

Получается, что сила гравитации, с которой мы сталкиваемся в самом начале жизни, которая сопровождает нас на каждом шагу и которая никогда не покидает, является одной из самых слабых природных сил. Она первая, но самая последняя!

Почему же гравитационная сила кажется такой мощной?

Во-первых, ядерные силы являются короткодействующими, то есть проявляются только на расстояниях, сравнимых по величине с размерами ядерных нуклонов. Электромагнитная и гра-

витационная силы действуют на больших расстояниях. При этом электромагнитная сила часто самоуничтожается из-за существования не только притяжения, но и отталкивания. Так что гравитация остается в гордом одиночестве. Ей попросту не с кем конкурировать.

Более того, самые заметные тела во Вселенной являются скоплением больших масс, кстати, мы тоже живем на поверхности одного из таких скоплений.

Ну и что? Все равно гравитация повсеместно демонстрирует свою слабость. Вы, с помощью своих слабых мускулов, можете без особого труда поднять 50-фунтовый груз, хотя вся гигантская земная масса тянет его в обратном направлении. Игрушечный магнит легко притянет булавку, преодолев земное притяжение.

Да, гравитация, несомненно, слаба. Но насколько?

Представьте себе, что Земля представляет собой скопление одних только позитронов, а Солнце — электронов. Сила притяжения между ними тогда была бы намного больше, чем слабая гравитация, удерживающая их на своих местах сейчас. В действительности, чтобы уменьшить электромагнитное притяжение до величины существующей в настоящее время гравитационной силы, Земле и Солнцу пришлось бы «отодвинуться» друг от друга приблизительно на 33 000 000 000 000 000 световых лет, то есть на расстояние в 5 миллионов раз большее, чем диаметр известной Вселенной.

Или представьте себе на месте Солнца миллион тонн электронов (примерно такова масса очень небольшого астероида). А вместо Земли вообразите $3\frac{1}{3}$ тонн позитронов.

Электромагнитное притяжение между этими двумя незначительными массами, разделенными расстоянием от Земли до Солнца, будет равно гравитационному притяжению между гигантскими массами этих небесных тел сейчас.

В действительности, если бы можно было забросать по Солнцу миллион тонн электронов, а по Земле $3\frac{1}{3}$ тонн позитронов, это удвоило бы притяжение Земли Солнцем и значительно изменило ее орбиту. Если же на оба небесных тела поместить электроны, сила электромагнитного отталкивания легко преодолеет силу гравитационного притяжения, и Земля отправится в путешествие из Солнечной системы в неизведанное.

Конечно, все это лишь расчеты на бумаге. Сам факт, что электромагнитные силы так велики, означает, что невозможно собрать сколько-то существенное количество одинаково заряженных частиц в одном месте. Они будут отталкивать друг друга слишком сильно.

Представьте, что вы разделили Солнце на небольшие шарики и рассыпали их по Солнечной системе. Смогли бы вы с помощью какого-то прибора, созданного руками человека, удержать эти шарики от приближения друг к другу под действием гравитации? Эта задача не сложнее, чем попытка раздобыть миллион тонн электронов и собрать из них некое тело размером с футбольный мяч.

Аналогичная проблема — попытка отделить изрядный положительный заряд от такого же отрицательного.

Если бы Вселенная состояла из электронов и позитронов, они непременно собрались бы вместе под действием электромагнитного притяжения. Являясь античастицами, то есть полными

взаимными противоположностями, они соединились бы, аннулировали друг друга и отправились в путь в космической вспышке гамма-лучей.

К счастью, Вселенная состоит из электронов и протонов, которые являются основными заряженными частицами. И хотя их заряды являются взаимными противоположностями (-1 у электронов, $+1$ у протонов), остальные их характеристики, в том числе масса, существенно разнятся. Поэтому они не являются античастицами и не могут уничтожить друг друга.

Но благодаря зарядам противоположных знаков они взаимно притягиваются, и этот факт невозможно опровергнуть. Электрон и протон приближаются друг к другу, оставляя между собой небольшое расстояние, и образуют атом водорода.

Отдельные протоны могут приблизиться друг к другу вплотную, несмотря на существование электромагнитного отталкивания, потому что существует короткодействующая сила взаимодействия внутри ядра, которая притягивает соседние протоны друг к другу, легко преодолевая силу электромагнитного отталкивания. Поэтому существуют и другие атомы, отличные от атома водорода.

Подведем краткие итоги: ядерные силы имеют преобладающее влияние в атомном ядре, электромагнитные силы — в атоме, а гравитационная сила определяет положение крупных астрономических объектов.

Слабость гравитационной силы неизменно является источником разочарования для физиков.

Различные силы проявляются посредством переноса частиц. Ядерная сила, самая мощная из

всех существующих в природе, проявляется переносом пи-мезонов. Электромагнитная сила (следующая по величине) — переносом фотонов. Аналогичная частица, участвующая в слабых взаимодействиях, была открыта сравнительно недавно, названа w-частицей и пока считается неустойчивой.

Поскольку гравитация тоже является силой, то при ее проявлениях также должен происходить перенос частиц.

Физики назвали такую частицу гравитон. Они даже описали ее свойства: гравитон электрически нейтрален и не имеет массы (не обладая массой, он должен двигаться с неизменной скоростью — скоростью света). Он стабилен и, будучи предоставлен сам себе, не распадется на другие частицы.

Заметили? Пока гравитон очень напоминает нейтрино (см. главу 13 моей книги «Взгляд с высоты»), которое также стабильно, электрически нейтрально, не имеет массы и движется со скоростью света.

Однако гравитон и нейтрино все же имеют некоторые различия. Нейтрино бывают двух видов: электронные нейтрино и мю-мезонные нейтрино, причем оба имеют свою античастицу. То есть существует четыре вида нейтрино. Гравитон только один и является одновременно своей же античастицей.

Гравитон имеет спин 2, а нейтрино, как и подавляющее большинство субатомных частиц, имеет спин $1/2$. (Еще существуют некоторые мезоны со спином 0, а также фотон, имеющий спин 1.)

Следует отметить еще одну существенную деталь: гравитон пока не обнаружен. Он более неуловим, чем нейтрино. Нейтрино, хотя лишено

массы и электрического заряда, все-таки обладает энергией, которую можно измерить. Благодаря этому ученые впервые высказали предположение о существовании новой элементарной частицы.

Ну а гравитон?

Вы помните число 10^{42} ?

Отдельный гравитон должен обладать энергией в триллионы триллионов раз меньшей, чем нейтрино. А зная, как сложно было обнаружить нейтрино, вряд ли есть основания полагать, что об открытии гравитона будет объявлено в ближайшем будущем.

Глава 9

ТЕМНОТА НОЧИ

Думаю, многие из вас видели юмористический сериал «Пинатс». Моя дочь Робин (сейчас она в четвертом классе) от него в восторге. Мне он тоже нравится.

Как-то раз она пришла ко мне, находясь под впечатлением очередного эпизода, в котором один из маленьких героев спрашивает свою раздражительную старшую сестру: «Почему небо голубое?» — на что она отвечает: «Потому что оно не зеленое».

Робин еще смеялась, а я уже решил, что обязан воспользоваться случаем и свести наш разговор к серьезному научному обсуждению (разумеется, для блага Робин) этого вопроса. Поэтому я спросил: «А ты знаешь, Робин, почему ночью небо черное?»

Моя дочь ответила не задумываясь (видит бог, я должен был это ожидать): «Потому что оно не красное».

К счастью, такие казусы меня несколько не расстраивают. Если дочь не пожелает вести со мной высоконаучные беседы, я всегда могу обратиться к Беспомощному Читателю. Так что простите великодушно, но именно с вами я намерен обсудить проблему черноты ночного неба.

Рассказ о темноте ночи целесообразно начать с немецкого физика и астронома Генриха Вильгельма Маттиаса Олберса, родившегося в 1758 году. Астрономия была его хобби. Именно из-за нее в середине жизни ему пришлось пережить острое разочарование. Дело было так...

В конце XVIII века астрономы предположили, причем имели для этого серьезные основания, что между орбитами Марса и Юпитера находится еще одна планета. Несколько немецких астрономов, из которых Олберс был самым именитым, решили разделить между собой плоскость эклиптики и вести методичные наблюдения (каждый на своем участке) с целью обнаружения новой планеты.

Олберс и его друзья были очень упорны, проделали кропотливую работу и считали свое открытие вопросом времени, не сомневаясь, что скоро получат щедрую награду за труды. Но удача иногда упорно не желает приходить к тем, кто этого заслуживает. Пока немецкие астрономы систематизировали полученные данные, итальянец Джузеппе Пиацци, который и не думал о новой планете, ночью 1 января 1801 года заметил светящуюся точку, смещающуюся на фоне звезд. Некоторое время он продолжал за ней следить и обнаружил, что она равномерно дви-

жется несколько медленнее Марса, зато быстрее Юпитера. Пиацци вполне закономерно предположил, что обнаружил планету, занимавшую промежуточную орбиту. Об этом он поведал миру. Так что в анналы истории попал не упорный и методичный Олберс, а случайно направивший свой телескоп в нужное место и в нужное время Пиацци.

Но Олберса все-таки нельзя считать проигравшим. Через некоторое время Пиацци заболел и не смог продолжать наблюдения. К тому времени, когда он сумел вернуться к телескопу, планета уже находилась близко к Солнцу и не была видна.

В результате Пиацци не успел получить достаточно данных, чтобы вычислить орбиту новой планеты, и это было неудачей. Пришлось бы ждать долгие месяцы, прежде чем медленно движущаяся планета обогнет Солнце и снова станет доступной для наблюдений, а не имея расчетной орбиты, на ее повторное открытие можно потратить много лет.

К счастью, в математическом мире уже всюду заявил о себе молодой немецкий математик Карл Фридрих Гаусс. Он разработал методику, позволявшую рассчитать орбиту с достаточно высокой степенью точности на основе всего лишь трех точных указаний положения планеты. Гаусс произвел необходимые расчеты, и, когда планета снова оказалась доступной для наблюдений с Земли, ее уже поджидал Олберс со своим телескопом, направленным на тот участок небесного свода, где, по предположениям Гаусса, планета должна была появиться. Гаусс оказался прав, и 1 января 1802 года Олберс обнаружил планету.

Новая планета (названная Церерой) была не вполне обычной. Оказалось, что она имеет всего лишь 500 миль в диаметре. Она была меньше всех известных планет, а также шести из известных в то время спутников.

Неужели только Церера существует между Юпитером и Марсом? Немецкие астрономы продолжали вести наблюдения (они хорошо подготовились к работе) и скоро обнаружили еще три планеты между Марсом и Юпитером. Две из них — Палладу и Весту — открыл Олберс.

Конечно, второе место не приносит морального удовлетворения. Все, что получил Олберс, — это названный его именем астероид. Тысячный астероид между Марсом и Юпитером был назван Пицца, тысяча первый — Гауссия, а тысяча второй, представьте себе, Олберия.

Не больше везло Олберсу и в других наблюдениях. Он специализировался на кометах и открыл их пять штук, но это мог сделать практически любой человек. Существует комета, носящая его имя, но это не великая честь.

Так что же, мы забудем об Олберсе? Ни в коем случае.

Невозможно предугадать, что обеспечит тебе место в науке и в истории. Иногда это бывают просто любопытные фантазии. В 1826 году Олберс начал размышлять о темноте ночи и пришел к удивительным выводам.

Его размышления впоследствии стали «парадоксом Олберса», который приобрел особую важность веком позже. Начав с парадокса Олберса, мы можем прийти к выводу, что единственная причина существования жизни во Вселенной заключается в том, что далекие галактики удаляются от нас.

Какое влияние могут иметь на нас далекие галактики? Запаситесь терпением. Скоро вы все узнаете.

Если бы древнего астронома спросили, почему ночное небо такое черное, он вполне разумно ответил бы, что из-за отсутствия солнечного света. Если бы его спросили, почему звезды не заменяют Солнце, он сказал бы, что звезд немного, а каждая из них испускает только тусклый свет. И правда, если собрать вместе все видимые нами звезды, их свет будет во много миллионов раз менее ярким, чем свет Солнца. Поэтому их влияние на черноту неба незначительно.

К началу XIX века последний аргумент древнего астронома утратил свою силу. Количество звезд стало огромным благодаря большим телескопам.

Конечно, можно сказать, что эти бесчисленные миллионы звезд не имеют никакого значения, потому что не видны невооруженным глазом и не могут внести свой вклад в освещение ночного неба. Ну и что?

Звезды, составляющие Млечный Путь, в отдельности тоже тусклые, но вместе они образуют пусть и неяркий, зато отчетливо видимый светящийся пояс, протянувшийся по небу. Созвездие Андромеды располагается намного дальше, чем звезды Млечного Пути, поэтому составляющие его звезды видны с Земли только в мощный телескоп. Созвездие целиком все-таки можно разглядеть без телескопа. (Это самый удаленный от Земли объект, который можно увидеть без использования специальной оптики.

Если вас спросят, далеко ли вы видите, смело отвечайте, что на 2 000 000 световых лет.)

Отсюда можно сделать вывод, что далекие звезды вносят свой вклад в освещение ночного неба, когда они расположены достаточно плотно.

Олберс, не имевший понятия о существовании созвездия Андромеды, кое-что знал о Млечном Пути. Поэтому он принялся размышлять, какое количество света следует ожидать от всех далеких звезд. Начал он с нескольких гипотез.

1. Вселенная бесконечна в своем протяжении.

2. Число звезд бесконечно и равномерно разбросано по Вселенной.

3. Звезды во всем космическом пространстве обладают в среднем одинаковой яркостью.

Теперь давайте представим космическое пространство, разделенное на отдельные оболочки (как у лука), собранные вокруг нас. Они довольно тонкие, если сравнивать их с необъятностью космоса, но в то же время достаточно большие, чтобы вместить в себя звезды.

Помните, что количество света, которое доходит до нас от отдельных звезд одинаковой яркости, изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния до звезды. Другими словами, если звезда А и звезда В имеют одинаковую яркость, но звезда А расположена в 3 раза дальше, чем звезда В, то звезда А доносит до нас только $\frac{1}{9}$ часть своего света. Если звезда А в 5 раз дальше, чем звезда В, до Земли дойдет $\frac{1}{25}$ часть ее света и т. д.

Это справедливо и для нашей «оболочки». Звезда, находящаяся в 2000 световых лет от нас, будет выглядеть в 4 раза менее яркой, чем звезда, расположенная в 1000 световых лет от нас. (В соответствии с гипотезой 3 истинная

яркость звезд во всех «оболочках» одинакова, поэтому нас интересует только расстояние до них.) Звезда в нашей «оболочке», расположенная на расстоянии 3000 световых лет, будет выглядеть в 9 раз менее яркой, чем звезда, находящаяся в 1000 световых лет, и т. д.

Если же начать движение в направлении от центра, каждая следующая «оболочка» будет более объемной, чем предыдущая. Объем «оболочек» возрастает, как и поверхность сфер, пропорционально квадрату радиуса. Объем «оболочки», содержащей звезду, удаленную на 2000 световых лет, будет в 4 раза больше, чем объем «оболочки» со звездой, удаленной на 1000 световых лет.

Мы считаем, что звезды распределены в пространстве равномерно (гипотеза 2), тогда число звезд в каждой «оболочке» будет пропорционально ее объему. Если объем одной «оболочки» больше объема другой в 4 раза, то и число звезд в ней будет в 4 раза больше и т. д.

Таким образом, «оболочка» со звездами, удаленными на 2000 световых лет, содержит в 4 раза больше звезд, чем «оболочка» со звездами, удаленными на 1000 световых лет. Другими словами, «оболочка», в которой звезды удалены от нас на 2000 световых лет, доносит до нас столько же света, сколько «оболочка» со звездами, находящимися на расстоянии 1000 световых лет. Для более далеких «оболочек» дело обстоит так же.

Таким образом, если разделить Вселенную на последовательные оболочки, каждая из них «представляет» одинаковое количество света. А поскольку Вселенная бесконечна в своей протяженности (гипотеза 1) и состоит из бесконечного

числа «оболочек», звезды, какими бы тусклыми они ни были в отдельности, должны доставлять бесконечное количество света на Землю.

Но быть может, ближайшие к нам звезды блокируют свет своих более далеких собратьев?

Чтобы понять, так это или нет, давайте рассмотрим проблему с другой стороны. В каком бы направлении ни посмотрел наблюдатель, он непременно увидит звезду. Это означает, что их число бесконечно и они равномерно распределены в пространстве (гипотеза 2). Одна звезда может быть невидимой, но она все равно внесет свой вклад в общее «производство» света.

Если все сказанное верно, то ночное небо должно быть не черным, а представлять собой гигантское яркое пятно звездного света. Кстати, таким же должно быть и дневное небо, на светлом фоне которого Солнце будет невидимым.

Тогда небо было бы по яркости таким же, как 150 000 наших солнц. Думаю, ни у кого не вызывает сомнений факт, что при таких условиях жизнь на Земле была бы невозможна.

Но наше небо совсем не такое яркое, как 150 000 солнц. А ночное небо вообще черное. Где-то в парадоксе Олберса кроется смягчающее обстоятельство или логическая ошибка.

Сам Олберс считал, что обнаружил ее. Он предположил, что космос не является полностью прозрачным; в нем встречаются облака пыли и газа, поглощающие основное количество света, поэтому до Земли доходит лишь незначительное его количество.

На первый взгляд звучит убедительно, но на самом деле это не так. Конечно, в космическом

пространстве существуют облака пыли и газа. Но если бы они поглощали весь попадающий на них звездный свет (согласно парадоксу Олберса), их температура начала бы неуклонно подниматься, постепенно дойдя до такой величины, когда они сами начали бы светиться. В итоге они начали бы испускать столько же света, сколько поглотили, и земное небо все равно оказалось бы залитым ярчайшим звездным светом.

Но если с точки зрения логики доказательство не содержит ошибки, а вывод остается неверным, следует пересмотреть первоначальные гипотезы. Например, гипотезу № 2. Действительно ли число звезд бесконечно и они равномерно распределены по пространству Вселенной?

Уже во времена Олберса имелись основания сомневаться в истинности этого утверждения. Астроном Вильям Гершель вел подсчеты звезд различной яркости. Он предположил, что более тусклые звезды являются более удаленными по сравнению с более яркими (что является следствием гипотезы № 3), и обнаружил, что плотность расположения звезд в пространстве уменьшается с увеличением расстояния.

Изучив степень уменьшения плотности в разных направлениях, Гершель решил, что звезды образуют фигуру, напоминающую линзу. Он подсчитал, что ее диаметр равен примерно 150 расстояниям от Солнца до звезды Арктур (сейчас мы определили бы его в 6000 световых лет) и все звездное скопление состоит из 100 000 000 звезд.

Казалось бы, тем самым он покончил с парадоксом Олберса. Если скопление, имеющее форму линзы (теперь мы называем его галактикой), действительно включает в себя все существую-

щие звезды, тогда гипотеза № 2 оказывается несостоятельной. Даже если космическое пространство бесконечно и простирается дальше галактики (гипотеза № 1), там не будет звезд, и света оттуда не прибавится. Следовательно, можно допустить существование конечного числа «оболочек», содержащих звезды, которые произведут конечное (не очень большое) количество света, попадающего на Землю. И в этом заключается причина ночной черноты неба.

Предположительные границы галактики после Гершеля значительно раздвинулись. Сейчас принято считать, что она имеет диаметр 100 000 световых лет (а не 6000) и содержит 150 000 000 000 звезд, а вовсе не 100 000 000. Однако существенная перемена не явилась решающей. Ночью небо все равно остается черным.

После того как в XX веке было высказано предположение, что и за пределами Галактики существуют звезды, парадокс Олберса возродился к жизни.

Клочок тумана, носящий имя Андромеды, в XIX веке считался светящейся туманностью, являвшейся частью нашей Галактики. Между тем другие аналогичные астрономические объекты (например, туманность Ориона) содержат звезды, светящие сквозь туман. А в туманности Андромеды, казалось, звезд не было, но сам туман светился.

Некоторые астрономы уже в то время начали подозревать правду, но окончательно она была установлена только в 1924 году, когда американец Эдвин Пауэлл Хаббл направил 100-дюймовый телескоп на светящуюся туманность и

сумел разглядеть по краям отдельные звезды. Они были такими тусклыми, что сразу стало очевидно: туманность находится в сотнях тысяч световых лет от нас и далеко за пределами нашей Галактики. Более того, если ее можно разглядеть с такого расстояния, ее размеры, скорее всего, сравнимы с размерами нашей родной Галактики. Очевидно, это другая, самостоятельная галактика.

Это была истина. Сейчас считается, что туманность находится примерно в 2 000 000 световых лет от нас и содержит по меньшей мере 200 000 000 000 звезд. А вскоре были открыты и другие галактики. Современная наука имеет основания предполагать, что в обозримой Вселенной существует, как минимум, 100 000 000 000 галактик; расстояние до некоторых из них оценивается в 6 000 000 000 световых лет.

Теперь давайте вернемся к трем гипотезам Олберса, но только заменим в них слово «звезды» на слово «галактики» и посмотрим, что получится.

Первая гипотеза о бесконечности Вселенной звучит вполне убедительно. Во всяком случае, конца ей пока не видно, даже на расстоянии миллиардов световых лет.

Гипотеза № 2 о том, что число галактик (не звезд!) бесконечно и все они равномерно распределены в пространстве, звучит также неплохо. По крайней мере, в том пространстве, которое мы видим (а видим мы далеко...), они распределены равномерно.

Третья гипотеза об одинаковой средней яркости галактик (а не звезд!) представляется более проблематичной. У нас нет оснований полагать, что удаленные галактики намного больше или

меньше, чем близлежащие. Если же галактики имеют некие средние размеры и «звездное содержание», то почему им не быть одинаково яркими? Звучит разумно.

Но тогда почему ночью небо черное? Мы вернулись к исходному вопросу.

Попробуем иначе. Глядя на удаленный светящийся объект, астрономы, изучая спектр свечения (распределение света в радуге по длине волны от коротковолнового фиолетового до длинноволнового красного), имеют возможность определить, приближается этот объект к нам или удаляется.

Спектр пересекается темными линиями, которые занимают фиксированное положение, если объект неподвижен по отношению к нам. Если объект приближается, линии смещаются в сторону фиолетового. Если же он удаляется от нас, линии смещаются в сторону красного. По величине смещения астрономы могут судить о скорости движения объекта.

В течение первых десятилетий XX века астрономы вели активное изучение спектров некоторых галактик (или небесных тел, позже идентифицированных как галактики). Все они, за исключением одной или двух ближайших, от нас удаляются. Довольно скоро было установлено, что более удаленные галактики удаляются быстрее, чем те, что ближе. В 1929 году Хаббл сформулировал свой знаменитый закон, который гласит, что скорость удаления галактики пропорциональна расстоянию от нас. Если галактика А в два раза дальше от нас, чем галактика В, она и удаляется в два раза быстрее. Самая далекая

из видимых галактик, расположенная на расстоянии 6 000 000 000 световых лет от нас, удаляется со скоростью, равной половине скорости света.

Дело в том, что Вселенная расширяется; это следует из формул теории относительности Эйнштейна, которые я здесь (твердо обещаю) приводить не буду.

Как работают гипотезы Олберса, учитывая расширение Вселенной?

Если находящаяся на расстоянии 6 000 000 000 световых лет галактика удаляется со скоростью, равной половине скорости света, тогда на расстоянии 12 000 000 000 световых лет галактика должна удаляться со скоростью света (при условии действия закона Хаббла). Более далекие расстояния рассматривать уже нет смысла, поскольку быстрее двигаться невозможно. Но даже если бы такое стало возможным, ни свет, ни какой-то другой сигнал из этой дали никогда не добрались бы до нас. Такая далекая галактика, если она существует, находится уже за пределами нашей Вселенной. Следовательно, можно предположить, что Вселенная все-таки конечна и ограничена «радиусом Хаббла», то есть 12 000 000 000 световых лет.

Но все это не противоречит парадоксу Олберса. Согласно теориям Эйнштейна, галактики двигаются все быстрее относительно наблюдателя и становятся короче в направлении движения, занимая меньше пространства. Таким образом, появляется место для все большего числа галактик. Поэтому даже в конечной Вселенной, имеющей радиус около 12 000 000 000 световых лет, может находиться бесконечное число галактик. Причем почти все они (толщиной с лист

бумаги) на самом удаленном участке сферы Вселенной.

Так что гипотеза № 2 сохраняется, даже если не действует гипотеза № 1. И одной гипотезы № 2 вполне достаточно, чтобы небо оказалось постоянно залито ярким звездным светом.

А как со смещением в сторону красной части спектра?

Астрономы измеряют красное смещение по изменению положения спектральных линий, но эти линии двигаются только потому, что двигается весь спектр. Смещение к красному — это смещение в направлении меньшей энергии. Удаляющаяся галактика доставляет к Земле лучистой энергии меньше, чем если бы она оставалась относительно нас неподвижной. Чем быстрее галактика удаляется, тем меньше она дает нам лучистой энергии. Галактика, удаляющаяся со скоростью света, вообще не дает лучистой энергии, независимо от своей яркости.

Значит, гипотеза № 3 оказывается неверной! Она была бы справедливой, если бы Вселенная оставалась статичной, но не при ее расширении. Каждая следующая «оболочка» в расширяющейся Вселенной дает нам меньше света, чем предыдущая, потому что содержащиеся в ней галактики дальше от нас, красное смещение становится больше, а отдаваемая лучистая энергия все меньше.

Поскольку гипотеза № 3 не действует, мы получаем из Вселенной конечное количество энергии, и ночное небо остается черным.

Согласно разработанным моделям Вселенной, это расширение будет продолжаться всегда. Оно может происходить без создания но-

вых галактик, и со временем, по прошествии миллиардов лет, наша Галактика (плюс несколько соседних, образующих «местное скопление галактик») останется практически одна во Вселенной. Все остальные галактики удалятся на слишком большое расстояние, чтобы их можно было обнаружить. А быть может, будут постоянно образовываться новые галактики, и Вселенная всегда будет наполнена ими, несмотря на непрекращающееся расширение. Как бы там ни было, расширение будет продолжаться, и ночное небо останется черным.

Существует еще предположение, согласно которому Вселенная колеблется. Расширение со временем замедлится до момента статической паузы, после чего начнется сжатие. Оно будет происходить все быстрее до тех пор, когда Вселенная уплотнится до размеров небольшой сферы, которая взорвется, и начнется новое расширение.

Если это справедливо, при замедлении расширения красное смещение уменьшится, и ночное небо начнет постепенно светлеть. В момент достижения статической паузы ночное небо будет залито звездным светом в полном соответствии с парадоксом Олберса. Затем вместе со сжатием начнется фиолетовое смещение, увеличится количество поступающей энергии, и небо будет разгораться все ярче.

Это будет справедливо не только для Земли (если в далеком будущем при начавшемся сжатии Вселенной она еще будет существовать), но и для любого тела во Вселенной. В статичной или, что еще хуже, сжимающейся Вселенной, согласно парадоксу Олберса, не будет ни холодных, ни твердых тел. Везде будет сохраняться

одинаково высокая температура (полагаю, она будет измеряться миллионами градусов), и жизнь попросту не сможет существовать.

Итак, я вернулся к своему первоначальному утверждению. Причина существования жизни на Земле или любой другой планете во Вселенной заключается в том, что далекие галактики удаляются от нас.

Сейчас, когда мы знаем все плюсы и минусы парадокса Олберса, возможно ли (как вы полагаете?) считать удаление от нас далеких галактик обязательным следствием черноты ночного неба? Быть может, мы даже можем дополнить известное изречение французского философа Рене Декарта.

Он сказал: «Я мыслю, значит, я существую».

А мы можем добавить: «Я существую, значит, Вселенная расширяется».

Глава 10

КАЖДЫЙ РАЗ ПО ГАЛАКТИКЕ

Несколько лет назад в школе, находящейся по соседству с моим домом, был пожар. Собственно говоря, огня там почти не было. Правда, было много дыма, закоптившего несколько комнат в полуподвальном помещении. Занятия к моменту начала пожара давно закончились, так что пострадавших не было.

И все равно: как только на улице появилась первая пожарная машина, вокруг начали собираться зрители. Казалось, все бездельники города и его окрестностей прибыли, чтобы поглазеть на огонь. Они приезжали на машинах, повозках и велосипедах, некоторые приходили пешком.

Многие из них были с подружками, престарелыми родителями и детьми.

Они заполнили все окрестные улицы, поэтому средства пожаротушения можно было доставить на место разве что вертолетом.

Так происходит, к сожалению, отнюдь не редко. Каждая большая или маленькая катастрофа неизменно собирает толпу зевак. Что их привлекает? По-моему, две причины: во-первых, возможность поглазеть на разрушения и чужие несчастья, во-вторых, максимально затруднить и отсрочить прибытие на место трагедии подразделений, задачей которых является охрана жизни и собственности.

Скажу сразу, я не рванулся вслед за толпой смотреть на пожар, чем был чрезвычайно горд. Но должен признаться, не потому, что у меня отсутствует инстинкт разрушения. Просто небольшое возгорание в полуподвале слишком далеко от *моего* понятия разрушения.

Вот если взорвется звезда, тогда другое дело.

Вероятно, мой инстинкт разрушения развит слишком хорошо, поскольку меня всегда очень занимал предмет вспышек сверхновых звезд — колоссальных звездных взрывов.

В середине XX века начала быстро развиваться радиоастрономия. После окончания Второй мировой волны астрономы всего мира активно занимались приемом микроволновых излучений, идущих с различных направлений. Очень скоро стало очевидным, что некоторые из них исходят от наших ближайших соседей. Солнце является источником радиации, так же как Юпитер и Венера.

На практике источники радиации в Солнечной системе не слишком важны. Значительно

интереснее принять сигналы, дошедшие до нас сквозь необозримые звездные дали. К примеру, одним из источников радиации за пределами Солнечной системы является Крабовидная туманность. Хотя ее сигналы ослаблены расстоянием в 5000 световых лет, мы можем засечь их своими приборами. Но Крабовидная туманность представляет собой остатки сверхновой — свет от ее взрыва впервые достиг Земли 900 лет назад.

Довольно много источников радиации лежит за пределами нашей Галактики в миллионах и даже миллиардах световых лет от нас. Тем не менее, их микроволновые излучения доходят до Земли и отражаются на наших приборах. Они представляют собой источники энергии, по сравнению с которыми взрыв сверхновой — пустяк, не стоящий упоминания.

Например, один из сильных источников расположен, как выяснилось, в галактике, удаленной от нас на 200 000 000 световых лет. Когда на эту галактику были направлены мощнейшие телескопы, оказалось, что она имеет весьма своеобразную, деформированную форму. При более внимательном изучении выяснилось, что это не галактика, а две галактики в процессе столкновения.

Когда сталкиваются две галактики, это мало похоже на столкновение двух звезд. В галактиках есть облака пыли (многие галактики обладают таковыми, включая нашу собственную); если эти облака столкнутся, то возникшее при этом возмущение станет источником коротковолнового излучения, как возмущение газов Крабовидной туманности, Солнца, атмосферы Юпитера и Венеры.

Но с увеличением числа обнаруженных источников коротковолнового излучения появилось и больше вопросов. Ученых приводило в недоумение их непонятно большое количество, приходящееся на удаленные галактики. Такого попросту не могло быть. Случайные столкновения галактик, безусловно, имели место; но казалось невероятным, что галактики сталкивались так часто, чтобы создать многочисленные источники радиации.

Возможно, существует другое объяснение? Какой катаклизм в пределах одной галактики мог стать таким же мощным источником излучения, как две сталкивающиеся галактики? Только если не считать столкновение единственным возможным вариантом, можно найти объяснение многочисленным источникам излучения.

Но что может сделать одна галактика, если ей на помощь не придет соседняя?

Предположим, она может взорваться.

Но как? Галактика не является единым объектом. Это свободное скопление нескольких сотен миллиардов звезд. Каждая звезда сама по себе может взорваться, но почему вдруг произойдет одновременный взрыв всей галактики?

Чтобы ответить на этот вопрос, следует понять, что галактика в действительности не является свободным скоплением звезд, как мы привыкли думать. Галактика вроде нашей тянется на сотню тысяч световых лет вдоль своего большого диаметра и большей частью состоит из мелкой россыпи звезд. Мы в своей галактике живем в малочисленном звездном окружении и считаем это нормой. Но это не совсем так.

Сутью галактики является ее ядро, густое скопление звезд, форма которого напоминает сферу. Его диаметр составляет примерно 10 000 световых лет, а объем — 525 000 000 000 световых лет в кубе. Если считать, что ядро содержит 100 000 000 000 звезд, то «плотность звездного населения» не превышает одну звезду на 5,25 световых лет в кубе.

При таком скоплении звезд среднее расстояние между ними в пределах галактического ядра — 1,7 световых лет. Это средняя величина для всего объема. Плотность звезд в ядре увеличивается при движении к его центру. Думаю, что в районе центра ядра звезды разделены между собой половиной светового года.

Даже половина светового года — это 3 000 000 000 000 миль, то есть в четыре раза больше, чем ширина орбиты Плутона. Поэтому звезды все-таки не столкнулись в одном месте и не обязательно должны сталкиваться, но...

Теперь представьте, что где-нибудь в пределах галактики произошел взрыв сверхновой звезды.

Что случится?

В большинстве случаев ничего (за исключением того, что одна звезда разлетится на мелкие обломки). Если сверхновая находится на задворках галактики — к примеру, где-то рядом с нами, вокруг нее так мало звезд, что ни одна из них не попадет в радиус действия ее излучения. Гигантское количество энергии, выброшенное сверхновой в пространство, распространится во все стороны, постепенно ослабнет, и все.

Но если сверхновая находится в центре галактического ядра, галактика уже не отделается лег-

ким испугом. Средняя сверхновая выбрасывает количество энергии в 10 000 000 000 раз больше, чем Солнце. Объект, находящийся от нее на расстоянии 5 световых лет, получит за секунду десятую часть энергии, получаемой Землей от Солнца. А на расстоянии половины светового года от сверхновой объект получит в десять раз больше энергии в секунду, чем Земля получает от Солнца.

Это плохо. Если на расстоянии 5 световых лет от нас взорвется сверхновая, у нас в течение года будет немало проблем с перегревом. Если же она взорвется в половине светового года от нас, полагаю, от жизни на Земле мало что останется. Но не надо беспокоиться! В пределах 5 световых лет от нас находится лишь одна звездная система, причем не из тех, где могут появиться сверхновые.

А как насчет влияния на сами звезды? Если бы наше Солнце оказалось по соседству со сверхновой, на него выплеснулся бы поток энергии, весьма чувствительно поднявший его температуру. После этого Солнце, в конце концов, снова обретет равновесие и станет не хуже прежнего (хотя, скорее всего, на его планетах уже не будет жизни). Но даже незначительный рост температуры может привести к увеличению расхода топлива¹ Солнца.

¹ Звезды — светящиеся газовые шары. Образуются из межзвездной газовой-пылевой среды (главным образом, водорода и гелия) в результате гравитационного сжатия. Источником энергии звезды является «горение» водорода. Время жизни звезды на этапе «горения» водорода пропорционально ее массе и обратно пропорционально светимости, ибо от массы зависит запас ядерного горючего, а от светимости — скорость, с которой оно расходуется. (Примеч. пер.)

Именно расходом горючего измеряется век звезды. Когда его запасы уменьшаются до нижней границы, звезда расширяется и становится красным гигантом или происходит взрыв, и возникает сверхновая звезда. Достаточно удаленная сверхновая, слегка подогрская Солнце на протяжении года, может приблизить его на век или даже на 10 веков к такому кризису. К счастью, у нашего Солнца долгий век (несколько миллиардов лет), поэтому несколько веков или даже миллион лет не станут решающими.

Однако некоторые звезды не могут позволить себе постареть даже немного. Они уже находятся слишком близко к такому уровню расхода горючего, который приведет к радикальным и необратимым изменениям. Назовем такие звезды, пребывающие на грани, предсверхновыми. Сколько их в галактике?

По оценкам экспертов, в течение века на каждую галактику приходится в среднем по три сверхновых звезды. Это значит, что за 33 000 000 лет в среднестатистической галактике будет миллион сверхновых. Учитывая, что жизненный цикл галактики измеряется сотнями миллиардов лет, любая звезда, которую от состояния сверхновой отделяет несколько миллионов лет, может оказаться на грани.

Если из 100 миллиардов звезд, составляющих среднестатистическое галактическое ядро, миллион звезд приблизился к этой грани, то одна звезда из каждых 100 000 является предсверхновой. Это означает, что предсверхновые в пределах галактического ядра разделены средним расстоянием в 80 световых лет. При приближении к центру ядра среднее расстояние сократится до 25 световых лет.

Но даже если расстояние составит 25 световых лет, свет сверхновой будет в 250 раз меньше, чем поступающий на Землю от Солнца. Иными словами, его эффект совершенно незначителен. Между прочим, мы имеем возможность довольно часто наблюдать вспышки сверхновых в разных галактиках, и ничего страшного не происходит. Сверхновая медленно умирает, а галактика становится такой же, как прежде.

Между тем, если среднестатистическая галактика имеет одну предсверхновую на каждые 100 000 звезд, отдельные галактики могут оказаться беднее или богаче этими звездами, находящимися на грани. В какой-то галактике может оказаться одна предсверхновая на каждую тысячу звезд.

В такой галактике ядро будет содержать 100 000 000 предсверхновых, разделенных между собой средним расстоянием в 17 световых лет. Ближе к центру расстояние между ними уменьшится и может достичь даже 5 световых лет. Если сверхновая осветит предсверхновую, находящуюся в 5 световых годах от нее, она ощутимо сократит ее жизнь. И если до этого события предсверхновую отделяла от взрыва тысяча лет, после него ее срок может сократиться всего лишь до нескольких месяцев.

Затем, когда она взорвется, более отдаленная предсверхновая, чья жизнь уже оказалась укороченной после первого взрыва, приблизится к пограничному состоянию. Вполне вероятно, что по прошествии нескольких месяцев она взорвется.

И так далее, и так далее... Процесс будет продолжаться, напоминая падение костяшек домино, и в конце концов окажется, что в галактике взорвалась не одна сверхновая, а несколь-

ко миллионов, хотя не одновременно, а друг за другом.

Это и называется галактическим взрывом. Не приходится сомневаться, что именно так возникает фейерверк волн, которые, распространившись на миллиарды световых лет, все еще улавливаются.

Быть может, все это мои фантазии? Честно говоря, вначале так оно и было. Однако наблюдения 1963 года показали, что речь идет о вещах более серьезных.

Наблюдения велись за галактикой в Большой Медведице, названной М 82, потому что она имеет номер 82 в списке небесных тел, составленном французским астрономом Шарлем Мессьером около двух столетий назад.

Мессьер был охотником за кометами. Большую часть жизни он проводил у телескопа, выискивая кометы, постоянно их находил, но каждая очередная комета неизменно оказывалась неким туманным объектом, который постоянно находился в небе.

В конце концов он решил составить карту звездного неба и нанести на нее все туманные объекты, так похожие на кометы, чтобы они больше никогда и никого не вводили в заблуждение. Таких объектов оказалось 101. Именно список мешавших астроному объектов звездного неба сделал его имя бессмертным.

Первым в этом списке под индексом М 1 шла Крабовидная туманность. Далее следовали две дюжины шаровидных скоплений (сферические скопления плотно «спрессованных» звезд). Под индексом М 13 значилось созвездие Геркулеса —

в то время самое большое из всех известных. Около тридцати позиций в его списке занимали галактики, в том числе Андромеда (М 31), Водоворот (М 51). Кроме того, в его списке присутствовали такие известные объекты, как туманность Ориона (М 42), Кольцевая туманность (М 57) и Полночная туманность (М 97).

М 82 — это галактика, находящаяся в 10 000 000 световых годах от Земли. Она вызвала интерес астрономов тем, что оказалась сильным источником радиоволн. На нее был направлен 200-дюймовый телескоп, что позволило сделать фотографии сквозь фильтры, блокирующие любой свет, кроме идущего от ионов водорода. У ученых имелись основания предполагать, что любые существующие возмущения проявятся наиболее наглядно именно на водородных ионах.

Все получилось! Были обнаружены потоки ионов водорода, растянувшиеся на тысячу световых лет, исходящие из галактического ядра. Суммарная масса выброшенного водорода оказалась эквивалентной массе, как минимум, 5 000 000 средних звезд. Судя по скорости распространения потоков и пройденному ими расстоянию, взрыв произошел около 1 500 000 лет назад. (Свету требуется 10 миллионов лет, чтобы добраться до нас от М 82, так что по земному времени взрыв имел место 11 500 000 лет назад в самом начале плейстоцена.)

Таким образом, М 82 — это взорвавшаяся галактика. Происшедший при этом выброс энергии эквивалентен энергии 5 миллионов сверхновых звезд, высвобожденной последовательно. Это напоминает цепную реакцию распада ядер урана в атомной бомбе, но только в другом мас-

штабе. Я совершенно уверен, что, если в этом галактическом ядре существовала жизнь, ее там больше нет.

Думаю, что даже на окраинах этой галактики условия для жизни далеки от идеальных.

Меня часто посещает ужасная мысль... Вы уже догадались, какая?

А что, если взорвется ядро нашей родной Галактики? Конечно, скорее всего, это не произойдет (я не желаю внушить страх моим уважаемым читателям), поскольку взрывающиеся галактики — явление такое же редкое среди галактик, как взрывающиеся звезды — среди звезд. А будучи уверенным, что наша Галактика останется цела, можно спокойно пофантазировать, представив себе последствия такого взрыва.

Прежде всего, мы находимся не в ядре галактики, а на ее окраине. При таком расстоянии все-таки имеется шанс уцелеть, хотя и небольшой. Тем более, что между нами и галактическим ядром находятся обширные облака пыли, являющиеся неплохим экраном.

Конечно, какая-то часть волн все равно прорвется сквозь облака и, вероятнее всего, на ближайшие несколько миллионов лет загубит радиоастрономию, закрыв все вокруг. Но это не самое страшное. Куда хуже будет увеличение уровня космической радиации, который может стать опасным для жизни: радиоактивные осадки после галактического взрыва вполне могут попасть на Землю.

Давайте пока забудем о космической радиации, тем более что ее вероятный уровень является слишком неопределенным. К тому же мыс-

ли о повышенном уровне радиации вокруг нас не добавляют бодрости духа. Лучше мысленно отодвинем пылевые облака и посмотрим, что представляет собой галактическое ядро до взрыва.

Известно, что оно имеет диаметр около 10 000 световых лет и удалено от нас на 30 000 световых лет. Ядро предстанет перед нами в виде объекта, напоминающего сферу. Оказавшись целиком над горизонтом, оно займет $\frac{1}{65}$ часть видимого участка неба.

Его свечение будет в 30 раз ярче, чем у Венеры в период максимальной яркости, но распределится на такой большой площади, что будет выглядеть сравнительно тусклым. Центр ядра, равный по размеру полной Луне, будет иметь только $\frac{1}{200\,000}$ часть ее яркости.

Кроме того, будет видна светящаяся область в районе Млечного Пути в созвездии Стрельца, причем намного ярче, чем сам Млечный Путь. В центре свечение будет ярче, по краям — более тусклым.

Но что произойдет, если ядро нашей Галактики взорвется? Не сомневаюсь, что если это произойдет, то взрыв будет в самом центре ядра, где звезды расположены довольно плотно, а эффект от одной предсверхновой звезды на своих соседях будет максимальным. Предположим, что образовались 5 000 000 сверхновых звезд, как и в галактике М 82. Если ядро имеет предсверхновые звезды, разделенные 5 световыми годами в центральных областях, тогда 5 000 000 предсверхновых поместятся в сферу диаметром 850 световых лет. С расстояния 30 000 световых лет такая сфера будет иметь диаметр чуть больше, чем видимый диаметр полной Луны. Все будет очень хорошо видно.

Если взрыв начался, сверхновые будут следовать друг за другом с нарастающей скоростью. Начнется цепная реакция.

Если бы мы могли взглянуть на обширный взрыв, происшедший миллионы лет назад, то смогли бы сказать, что центр ядра взрывается сразу же. Но это лишь отчасти правильно. При наблюдении за самим процессом взрыва стало бы ясно, что он занимает значительное время, благодаря тому неоспоримому факту, что свету требуется немало времени, чтобы дойти от одной звезды до другой.

Когда взрывается сверхновая звезда, она не может оказать влияние на соседнюю звезду (до которой 5 световых лет), пока излучение от первой звезды не достигнет второй, а на это уйдет 5 лет. Если вторая звезда расположена с противоположной стороны от первой (по отношению к нам), будет потеряно еще пять лет, пока свет вернется к первой сверхновой. Таким образом, мы увидим вторую сверхновую на 10 лет позже, чем первую.

Поскольку сверхновая останется невидимой для невооруженного глаза примерно на протяжении года даже при самых благоприятных условиях, вторая сверхновая останется невидимой даже после того, как первая уже погаснет.

Если быть кратким, 5 000 000 сверхновых, образующих сферу диаметром 850 световых лет, стали бы видны нам спустя примерно 1000 лет. Если взрывы начнутся у ближнего края сферы, так что поток радиации направится в сторону от нас и вернется, чтобы инициировать взрыв других сверхновых, диапазон отклонений может составить 1500 лет. Если они начнутся на дальнем краю и будут иметь место дополнительные взрывы, пока

излучение от первого взрыва проходит предсверхновые, расположенные по пути к нам, разброс времени может существенно уменьшиться.

Существует вероятность того, что в галактическом ядре начнут появляться мерцающие, пульсирующие огни. Вначале их будет немного — 3–4 за десятилетие. Но с течением времени число огней возрастет, и одновременно можно будет увидеть несколько сотен. В конце концов они погаснут, оставив в небе тускло светящуюся газовую турбулентность.

Насколько яркими они могут быть? Единичная сверхновая может достичь максимальной абсолютной величины — 17. Это означает, что, если бы она находилась на расстоянии 10 парсек (32,5 световых лет) от нас, то имела бы видимую величину -17 , то есть $1/10\,000$ яркости Солнца.

На расстоянии 30 световых лет видимая яркость такой сверхновой уменьшится на 15 звездных величин и составит -2 . Такова яркость Юпитера.

Числа воистину удивительны! На расстоянии галактического ядра ни одна обычная звезда не может быть видна невооруженным глазом. Сто миллиардов звезд, составляющих ядро, создают при нормальных условиях только слабо светящуюся дымку. Если отдельная звезда на таком расстоянии достигает видимой яркости Юпитера — это уму непостижимо! Сила света такой сверхновой составляет $1/10$ часть силы света целой взрывающейся галактики, такой, как наша.

И все же маловероятно, что каждая образующаяся сверхновая звезда будет иметь максималь-

ную яркость. Давайте будем консервативными и допустим, что яркость сверхновой будет в среднем на две звездных величины ниже максимума. Тогда это будет 0, то же самое можно сказать о звезде Арктика.

И тем не менее, «небесные огни» — явление далеко не ординарное. Если бы человечество имело возможность наблюдать подобные зрелища на ранних этапах развития цивилизации, оно никогда не совершило бы ошибку, считая небеса чем-то незыблемым. А астрономия могла получить ускоренное развитие.

Увы, мы не можем видеть галактическое ядро. Но что может нам помочь его представить? Быть может, существует что-нибудь, отдаленно напоминающее нарисованную мною картину?

Что ж, одна возможность действительно есть. В нашей Галактике то здесь, то там встречаются шаровидные скопления. Подсчитано, что их существует около 200. (Около сотни таких скоплений в нашей Галактике можно наблюдать, еще сотня, по всей видимости, скрыта облаками пыли.)

Эти шаровидные скопления напоминают обособленные кусочки галактического ядра, имеют около 100 световых лет в диаметре и содержат от 100 000 до 10 000 000 звезд, симметрично разбросанных вокруг центра.

Самое крупное из известных шаровидных скоплений носит имя Геркулеса и следует в упомянутом ранее списке под индексом М 13, но оно не самое близкое. Значительно ближе находится омега Центавра, до которой от нас 22 000 световых лет. Она отчетливо видна невооруженным глазом

и является объектом пятой звездной величины. Для невооруженного глаза она представляет собой небольшое пятно света, поскольку на таком расстоянии даже диаметр 100 световых лет виден дугой всего лишь в 1,5 минуты.

Пусть омега Центавра содержит 10 000 предсверхновых и каждая из них взрывается при первой возможности. В небе появятся огни, однако в течение короткого промежутка времени, и сами они будут в два раза ярче.

Это был бы идеальный взрыв во всех отношениях: его не закроют пылевые облака, он не слишком мощный, а значит, безопасный, но все же достаточно мощный, чтобы стать захватывающим зрелищем.

Однако наши шансы увидеть взрыв в омеге Центавра можно считать нулевыми. А если бы это произошло, омегу Центавра нельзя увидеть из Новой Англии, и мне пришлось бы совершить долгое путешествие на юг, чтобы получить возможность наблюдать это зрелище во всей красе. А я не люблю путешествовать.

Быть может, лучше пойти поглазеть на пожар в соседском доме?

Часть вторая О ДРУГИХ ВЕЩАХ

Глава 11 ЗАБУДЬТЕ ОБ ЭТОМ!

Недавно¹ я просматривал новый учебник по биологии («Биологическая наука»: взгляд на жизнь, написанный коллективом именитых авторов и опубликованный в 1963 году). Мне он показался очень занимательным.

К несчастью, вначале я прочел предисловие (да, я принадлежу именно к *такой* категории людей), которое повергло меня в глубочайшее уныние. Позвольте мне привести выдержки из первых двух параграфов:

«С каждым новым поколением наш багаж научных знаний увеличивается в 5 раз... В настоящее время имеется в 4 раза больше важнейших знаний по биологии, чем в 1930 году, и в 16 раз больше, чем в 1900 году. При существующей скорости накопления знаний к 2000 году вводный курс биологии будет содержать в 100 раз больше информации, чем в начале века».

Представляете, какое это произвело на меня впечатление? всю свою сознательную жизнь я стремился идти в ногу с наукой, а в отдельные

¹ Эта книга впервые была издана в 1972 г.

моменты считал, что мне это удастся, причем весьма неплохо.

Но потом мне на глаза попадается нечто подобное, и мир начинает рушиться! Оказывается, я вовсе не иду в ногу с наукой. Хуже того, я от нее безнадежно отстал! И с каждым днем отстаю все больше!

Наконец, я перестаю жалеть себя, неспособного поспевать за прогрессом, и начинаю думать о жизни вообще. Что происходит с Homo sapiens? Похоже, человечество не собирается отказываться от привычки приукрашивать факты и манипулировать ими. В недалеком будущем нам всем грозит смерть от злокачественного образования. Клетки нашего мозга начнут одна за другой отмирать от несварения бесчисленных фактов и концепций, а те, что уцелеют, окажутся погребенными под обломками информационных взрывов.

Но затем мне повезло. На следующий день после «Биологической науки» мне на глаза попала старая книга под названием «Арифметика Пайка». Заглавие на титульном листе было куда более информативным (в те дни к заголовкам относились намного серьезнее). Оно гласило: «Новая и полная система арифметики, составленная для использования гражданами Соединенных Штатов Николасом Пайком». Впервые эта книга была опубликована в 1785 году, но у меня было ее второе издание, расширенное и дополненное, увидевшее свет в 1797 году.

В этой книге оказалось более 500 страниц, исписанных мелким шрифтом, без иллюстраций или диаграмм. Вся она была посвящена арифметике, лишь небольшие разделы в самом конце являлись введением в алгебру и геометрию.

Я был чрезвычайно заинтересован. Все-таки у меня есть двое детей школьного возраста, да и сам я когда-то учился в школе и знаю, что представляют собой книги по арифметике. Во-первых, все они не такие объемные, а во-вторых, в них не содержится и пятой части словесного материала, имеющегося у Пайка.

Возможно, мы что-то упустили?

Я внимательно проштудировал Пайка и теперь не сомневаюсь, что мы действительно кое-что обходим молчанием. Но в этом нет ничего плохого. Беда в том, что мы умалчиваем недостаточно.

Так, на странице 19 Пайк увлеченно перечисляет римские числительные, доведя их перечень до полумиллиона.

Начиная со времен Средневековья в Европе используются арабские цифры, с их появлением римские лишились своего значения. А до тех пор кто знает, сколько бумаги приходилось изводить, чтобы довести до сведения желающих методы расчетов с использованием римских цифр? Собственно говоря, с переходом на другие цифры методы расчетов остались прежними, только выполнять их стало гораздо легче, и объяснений требуется только сотая часть. Знания не утрачены, в прошлом остались лишь неэффективные правила.

Но спустя 500 лет после заслуженной смерти римских числительных Пайк снова включает их в учебное пособие и ожидает, что читатели смогут переводить их в арабские и обратно, хотя не дает никаких инструкций о том, как ими манипулировать. Между прочим, почти через 200 лет

после Пайка римские числительные все еще изучаются! Моя маленькая дочь сейчас как раз занимается этим.

Но зачем? Конечно, римские цифры все еще встречаются на некоторых указателях, могильных плитах, на циферблатах часов, они иногда украшают фасады зданий, но ведь в этом нет никакой необходимости! Это делается для того, чтобы произвести впечатление, придать больше значимости, солидности, античный колорит. И больше ничего.

Осмелюсь предположить, что существуют сентиментальные личности, искренне уверенные, что знание римских числительных является своеобразными воротами в мир высокой культуры, а умение обращаться с ними сродни прикосновению к руинам Парфенона, но меня такой подход чрезвычайно раздражает.

Римские числительные? Забудьте о них. Лучше освободите место для новых, ценных знаний.

Но разве мы можем позволить себе забывать? А почему бы и нет? Мы уже многое забыли, даже больше, чем вы думаете. Наша беда не в забывчивости, а в том, что мы помним слишком хорошо. Мы забываем недостаточно много.

Значительная часть книги Пайка посвящена еще не полностью забытым нами материалам. Поэтому современные пособия по арифметике намного короче. Если бы мы могли забывать раз и навсегда, арифметика, которую сейчас изучают наши дети, стала бы еще короче.

Приведу пример. В книге Пайка много всевозможных таблиц, которыми, как он считает, читатель обязан уметь пользоваться. Пятая таблица озаглавлена «Меры сукна».

Знаете ли вы, что $2\frac{1}{2}$ дюйма составляют *ноготь*? Нет? Так знайте. 16 ногтей — это *ярд*, а 12 — *локоть*.

Но это еще не все! 12 ногтей (27 дюймов) — это только *фламандский* локоть. 20 ногтей (45 дюймов) образуют *английский* локоть, а 24 ногтя (54 дюйма) — *французский*. И это еще не все! 16 ногтей плюс $1\frac{1}{5}$ дюйма ($37\frac{1}{5}$ дюйма) дадут *шотландский* локоть.

Итак, если вы собираетесь заниматься бизнесом, связанным с импортом или экспортом сукна, у вас имеется только два выхода: первый — изучить все эти локти, второй — найти способ от них избавиться.

Оказывается, каждый товар измеряется своими особыми мерами. Можно продать или купить фиркин масла (8—9 галлонов), панч чернослива, стоун мяса и т. д. Каждое из этих количеств может быть выражено некоторым числом фунтов (имеются в виду фунты «эвердьюпойс»; ведь существуют еще тройские и аптекарские фунты, а также ряд других). Пайк не обделяет своим вниманием ни одну из единиц.

Быть может, вам необходимо измерить расстояние? Нет ничего проще! Знаете ли вы, что $7\frac{92}{100}$ дюйма составляют 1 линк, 25 линков — это 1 поль, 4 поля — 1 чейн, 10 чейпов — 1 фурлонг, а 8 фурлонгов — 1 милю.

Вас интересует возможность измерить количество пива или эля? Тогда придется запомнить, что 2 пинты составляют кварту, а 4 кварты — галлон.

Однако в колониальные времена галлон пива или эля был «детской» мерой. Следовало еще научиться выражать «мужское» количество. Что ж, 8 галлонов — это фиркин, но «фиркин эля в

Лондоне». Чтобы получить «фиркин пива в Лондоне», потребуется 9 галлонов. Промежуточное количество — $8\frac{1}{2}$ галлона — обозначается «фиркин эля или пива». Эта мера действовала преимущественно за пределами Лондона, где провинциалы проявляли меньше щепетильности при определении различия между этими напитками.

Давайте продолжим: 2 фиркина (думаю, что речь идет о промежуточных величинах, хотя и не уверен) составляют килдеркин, а 2 килдеркина — это уже баррель. $1\frac{1}{2}$ барреля — это 1 хогзед, 2 барреля — панчен (бочка), а 3 барреля — бат.

Запомнили?

Давайте попробуем разобраться с мерами сыпучих тел.

2 пинты дают кварту, а 2 кварты — поттл, причем не боттл (bottle — бутылка), а именно поттл. И не говорите, что вы в жизни не слышали ни о чем подобном!

2 поттла составляют галлон, а 2 галлона — пек. 4 пека — это уже бушель. (Передохните, и двинемся дальше.) 2 бушеля — это страйк, 2 страйка — коум, 2 коума — квартер, а 4 квартера — челдрон (хотя в требовательном городе Лондоне челдрон — это $4\frac{1}{2}$ квартера). И наконец, 5 квартеров составляют всс, а 2 веса — ласт.

Поверьте, я ничего не придумал. Все это приведено у Пайка на странице 48.

Интересно, неужели дети, изучавшие арифметику в 1797 году, должны были все это запоминать? Полагаю, что да. Ведь дальше Пайк уделит большое внимание процессу сложения. Причем *сложного* сложения.

Дело в том, что та операция, которую мы все считаем сложением, по сути, является простым сложением. Сложное сложение — нечто отличное. Попробую объяснить, что это такое.

Предположим, у вас имеется 15 яблок, у вашего друга — 17, а у прохожего — 19. Вы решили собрать их все в кучу. А сделав это, вы заинтересовались, сколько всего получилось. Причем, не желая пересчитывать яблоки по одному, вы (не забыв о том, что получили образование в колледже) решаете сложить $15 + 17 + 19$. Начинаете, как водится, с единиц. $5 + 7 + 9 = 21$. Затем вы делите 21 на 10, получаете частное 2 и остаток 1, вы записываете 1 и переносите полученное частное к десяткам...

Ну как? Понравилось? Не сомневаюсь, что вы уже с нетерпением ждете возможности задать мне вопрос: «Откуда вы все это взяли?» А быть может, и более конкретный: «Зачем надо было делить на 10?»

Но, уважаемые читатели! Ведь именно эти операции вы выполняете при сложении! Только благодаря тому, что мы пользуемся удивительно милосердной десятичной системой исчисления, при делении любого двузначного числа на 10 его первая цифра — это частное от деления, а вторая — остаток. По сути дела, мы имеем частное и остаток, не выполняя самого действия деления, поэтому последующее сложение выполняется автоматически. Если при сложении единиц получилось 21, мы записываем цифру 1, а 2 переносим к десяткам. Если бы при сложении единиц получилось 57, мы бы записали 7, а к десяткам перенесли 5 и т. д.

Так получается только потому (не забывай-те!), что, выполняя сложение «в столбик», начи-ная справа и двигаясь налево, каждая правая колонка цифр представляет величину в десять раз меньшую, чем ее соседка слева. Самая пра-вая колонка — единицы, левее — десятки, сот-ни и т. д.

Приведенное выше объясняет, почему процесс сложения у нас достаточно прост. Пайк называ-ет его «простым сложением».

А теперь представьте, что у вас есть 1 дюжина и 8 яблок, у вашего друга — 1 дюжина и 10 яб-лок, а у случайного прохожего — 1 дюжина и 9 яблок. Тогда нам придется сложить следующие величины.

1 дюжина	8 единиц
1 дюжина	10 единиц
1 дюжина	9 единиц

$8 + 10 + 9 = 27$. Поэтому мы записываем 7 и переносим в следующую колонку 2? Ни в коем случае. Отношение «дюжин» к «единицам» во-все не 10, а 12. А мы используем десятичную си-стему исчисления. Поэтому мы не имеем права действовать автоматически. Придется подумать.

Прежде всего полученную сумму 27 следует разделить на величину «отношения дюжин к еди-ницам», то есть на 12. Получается частное 2 и ос-таток 3. Вот мы и записываем 3, а переносим 2. В колонке дюжин получим: $1 + 1 + 1 + 2 = 5$. Иско-мая сумма — 5 дюжин и 3 яблока.

Если отношение между соседними колонками цифр отличается от 10, следует производить все приведенные выше действия, то есть выполнять «сложное сложение». К этой операции придется прибегнуть, если вам потребуется сложить 5 фун-

тов 12 унций и 6 фунтов 8 унций (в фунте 16 унций) или если нужно будет сложить 3 ярда 2 фута 6 дюймов и 1 ярд 2 фута 6 дюймов (в 1 футе 12 дюймов, а в 1 ярде 3 фута).

Хотите — посчитайте первую сумму. А я посчитаю вторую.

3 ярда	2 фута	6 дюймов
1 ярд	2 фута	8 дюймов

$6 + 8 = 14$ дюймов. $14:12 = 1$, остаток 2. Записываем 2 и переносим 1 в соседнюю колонку. $2 + 2 + 1 = 5$. $5:3 = 1$, остаток 2. Записываем 2 и переносим 1 в соседнюю колонку. $3 + 1 + 1 = 5$. Искомая сумма — 5 ярдов 2 фута 2 дюйма.

Но по какой причине мы должны использовать так много различных недесятичных систем? Для этого существует много причин (все они в разное время были более или менее важными). Но сейчас мы достаточно поумнели и пользуемся только (или почти только) десятичной. Если бы представилось возможным, мы бы напрочь забыли о сложном сложении, сложном вычитании, так же как и о сложных умножении и делении (они тоже, как вы догадываетесь, существуют).

Между прочим, иногда сама природа бывает против универсальной десятки. При измерении времени, к примеру, продолжительность суток и года устанавливается астрономическими условиями, и отказаться от них невозможно. Сложное сложение и остальные действия все-таки должны существовать для таких специальных случаев.

Но кто нас заставляет измерять величины в фиркинах, поттлах или фламандских локтях?

Они ведь созданы людьми, и нельзя забывать, что меры созданы для людей, а не наоборот.

Существует система измерения, основанная на 10. Она носит название метрической и применяется во всем цивилизованном мире, за исключением некоторых англоговорящих стран (например, Великобритании и США).

Не принимая метрическую систему, мы только попусту теряем время, поскольку абсолютно ничего не приобретаем, пользуясь отличной от всех системой измерений. Потеря времени (кстати, весьма дорогая штука), насколько я могу судить, ничем не компенсируется. Конечно, переделка существующих инструментов и приборов сегодня обошлась бы недешево. Надо было заниматься этим сто лет назад. Тогда расходы были бы несоизмеримы.

Между прочим, у наших обожаемых и таких неудобных мер существуют яростные защитники. Правда, они готовы отказаться от челдронов и коумов, но отстаивают наше право на дюймы и футы, пинты и кварты, пеки и бушели, утверждая, что перечисленные меры «проще и естественнее», чем метры и литры.

Возможно, существуют люди, находящие нечто опасно иноземное и даже радикальное (как тут не вспомнить позабытое слово «якобинский») в метрической системе. Кстати, Соединенные Штаты были в числе первопроходцев.

В 1786 году, то есть за 13 лет до изобретения французскими революционерами метрической системы, Томас Джефферсон (выдающийся «якобинец», во всяком случае с точки зрения федералистов) увидел свое предложение принятым в молодых Соединенных Штатах. Здесь была установлена десятичная монетная система.

До этого мы использовали британскую монетную систему, устрашающе сложную, громоздкую и нелепую. Достаточно сказать, что англичане, веками приученные терпеть любой абсурд, если его можно назвать «традиционным», сами устали от своей денежной системы и теперь активно обсуждают возможность перехода на десятичную систему.

Давайте посмотрим, что представляют собой английские деньги. Начнем с того, что 4 фардинга — это 1 пенс, 12 пенсов — 1 шиллинг, 20 шиллингов — 1 фунт. Все это дополняет неразбериха в терминах: не забывайте, что есть еще полпенса, шесть пенсов, а также кроны, полкроны, флорины, гинеи и черт знает что еще, созданное, по-моему, для того, чтобы добавить головной боли британским школьникам и поставить в тупик туристов.

Пайк дает подробные инструкции о порядке обращения с фунтами, шиллингами и пенсами. Думаете, напрасно? Ну почему же. Попробуйте-ка разделить 5 фунтов 13 шиллингов и 7 пенсов на 3. Получилось?

Первоначально денежная система в США выглядела следующим образом: 10 милей — это 1 цент, 10 центов — 1 дайм, 10 даймов — 1 доллар, 10 долларов — 1 игл. В современной Америке используются только доллары и центы.

Результат? Американские деньги могут быть выражены в десятичной форме, и с ними можно обращаться как с обычными десятичными числами. Американского школьника, изучившего числительные, остается только научить узнавать обозначение доллара, и он готов пользоваться деньгами. У английского школяра забот не в пример больше.

Остается только сожалеть, что тринадцатью годами позже, в 1799 году, когда появилась метрическая система, наши антибританские и профранцузские чувства оказались недостаточно сильными, чтобы ее принять. Если бы мы тогда сделали этот шаг, то уже давно забыли бы о пекках и унциях, как когда-то выбросили из головы пенсы и шиллинги. (Вряд ли найдется американец, который пожелал бы вернуться к английской денежной системе, появившись вдруг такая возможность.)

Мне бы очень хотелось увидеть одни и те же денежные единицы во всем мире. Везде. А почему бы и нет?

Понимаю, что теперь меня можно обвинить в попытках причесать все человечество под одну гребенку и даже назвать конформистом. Уверяю вас, я вовсе не конформист! У меня нет никаких возражений против местных обычаев, языков или национальной кухни. Наоборот, я все это поддерживаю и приветствую! Я против местничества, провинциализма, узости кругозора и интересов, которые так мешают людям жить нормально. Если вы считаете, что местничество является признаком самобытности, придает шарм и колорит, позвольте мне привести еще одну выдержку из Пайка.

«Федеральные деньги» (доллары и центы) были введены за 11 лет до выхода в свет второго издания его книги, поэтому он привел цитату из соответствующего закона и дал к нему всесторонние комментарии.

А поскольку вместе с федеральной использовались и другие системы, он сформулировал правила конвертирования (по Пайку — превращения) одной денежной единицы в другую. Далее следует обещанная цитата. Я не буду приво-

дить сами правила, только список необходимых «превращений».

«I. Превратить денежные единицы Нью-Хэмпшира, Массачусетса, Род-Айленда, Коннектикута и Вирджинии:

1. В федеральные деньги.
2. В денежные единицы Нью-Йорка и Северной Каролины.
3. В денежные единицы Пенсильвании, Нью-Джерси, Делавэра и Мэриленда.
4. В денежные единицы Южной Каролины и Джорджии.
5. В английские деньги.
6. В ирландские деньги.
7. В деньги Канады и Новой Шотландии.
8. В деньги Франции.
9. В деньги Испании.

II. Превратить федеральные деньги в денежные единицы Новой Англии и Вирджинии.

III. Превратить денежные единицы Нью-Джерси, Пенсильвании, Делавэра и Мэриленда:

1. В денежные единицы Нью-Хэмпшира, Массачусетса, Род-Айленда, Коннектикута и Вирджинии.
2. В денежные единицы Нью-Йорка...»

Пожалуй, на этом я остановлюсь. Вы, несомненно, поняли, что я хочу сказать.

Разве можно сожалеть о том, что весь этот провинциальный колорит исчез? Неужели вы грустите о том, что, выезжая за границы своего штата, не испытываете неудобств, производя громоздкие арифметические расчеты, делая даже самую мелкую покупку? Кстати, у вас теперь никогда не появится необходимость втолковывать случайному прохожему, приехавшему из другого штата, тонкости своей денежной систе-

мы! Как хорошо, что о подобных трудностях можно навсегда забыть!

А теперь скажите, зачем нужно пятьдесят комплектов законов о браке и разводе?

В 1752 году Великобритания и ее колонии отказались от юлианского календаря и приняли более точный с точки зрения астрономии григорианский календарь. Почти полвека спустя Пайк все еще приводит в своей книге подробные правила решения сложных задач, связанных с разными календарями. Но зачем? Разве мы не можем начисто забыть обо всех проблемах юлианского календаря?

Прекрасная возможность выбросить из головы все календарные сложности — это принять рациональный календарь, в котором были бы прочно связаны день месяца и день недели и постоянно повторялись трехмесячные циклы. Это мог бы сделать единый мировой календарь.

А мы могли бы о многом позабыть.

Мне бы хотелось, чтобы во всем мире говорили по-английски. Вовсе не обязательно, чтобы наш язык был единственным или главным. Было бы замечательно, чтобы каждый человек, независимо от того, какой язык его родной, мог также свободно говорить по-английски. Общение людей стало бы значительно проще и легче. А со временем, быть может, люди и сами захотят перейти на английский язык.

Это сэкономило бы массу времени!

Вы спросите, почему именно английский? С одной стороны, большая часть населения плане-

ты уже говорит по-английски: это их первый или второй язык. Причем по-английски говорит больше людей на Земле, чем на любом другом языке. Согласитесь, это неплохая основа. Во-вторых, английский язык является основным языком общения ученых, и этот аспект, пожалуй, может считаться решающим.

А мы, со своей стороны, должны максимально упростить людям переход на английский язык, наша задача — рационализировать правописание и грамматику.

Английское правописание сегодня немногим лучше, чем китайские иероглифы. Глядя на очередное английское слово, никогда нельзя быть точно уверенным в его произношении. Как, к примеру, произнести слова: *rough, through, though, cough, hiccough, lough*? И чем вызвана необходимость выражать буквосочетанием *ough* разные звуки? Возможно, кому-то покажется удобным писать вместо этих слов другие — *ruff, throo, thoh, sawf*?

Ведь мы уже перешли на написание слова *hiccup*, и оно никому не кажется необычным. Слово *цвет* мы уже давно пишем *colour* или *color*, *центр* — *center* или *centre*, *серый* — *grey* или *gray* и т. д. Это может показаться несколько странным чопорному британцу, но мы привыкли. Думаю, мы легко привыкнем и к остальным изменениям правописания, избавив наши перегруженные мозги от лишних проблем. Если мерилом интеллекта станет грамотность, мы все станем умнейшими людьми.

А как насчет грамматики? Кому нужны вечные и бесконечные споры о вспомогательных глаголах *shall* и *will*, местоимениях *which* и *that*? Их бесполезность совершенно очевидна! Вы только теря-

ете время, вдалбливая в голову своего ребенка никому не нужные грамматические сведения, и добиваетесь одного — прививаете ему или ей стойкую неприязнь к английскому языку.

Если кому-то покажется, что убрать подобные тонкости — это значит уничтожить язык, могу напомнить, что английский язык до того, как за него вплотную взялись специалисты по грамматике, успел утратить род и склонение (во всех случаях, кроме местоимений). Тот факт, что мы имеем только один определенный артикль (the) для всех родов и падежей вместо трех, как французский язык (le, la, les), или шести, как немецкий язык (der, die, das, dem, den, des), несомненно, говорит в пользу английского языка, который является гибким и удивительно удобным инструментом для общения. Мы бережно охраняем свои причуды лишь потому, что привыкли к ним, а не потому, что они не являются причудами.

Необходимо освободить место для новых знаний. Не сомневаюсь, что забыть старое и бесполезное ничуть не менее важно, чем научиться новому и полезному.

Забудьте, повторяю я, забудьте побольше! Научитесь забывать!

Интересно, почему я так волнуюсь? Все равно меня никто не слушает.

Глава 12

НИЧЕГО СЧИТАЕТСЯ

В предыдущей главе я говорил о разных вещах, в том числе о римских числительных. Процесс их устаревания длился пять веков, однако

даже сейчас они представляют определенный интерес для пытливого, ищущего ума.

По-моему, это происходит оттого, что они добавляют знающему их человеку песку толику самоуважения. Идет, к примеру, некто мимо столба, на котором написано: «Возведен в МСМХVIII». «Ах вот как, — восклицает сей образованный индивид, — значит, его построили в 1918 году!» И получает повод проникнуться уважением к самому себе.

Понятие о числах и действиях с ними возникло еще в доисторические времена. Думаю, сейчас на нашей планете уже не осталось племен, даже находящихся на примитивном уровне развития, которые не имели бы представления о числах.

После возникновения письменности — а именно это событие находится на границе между «доисторическими временами» и древностью — возникла необходимость сделать следующий шаг — записать числа. Конечно, совсем не трудно записать числа при помощи букв — как любое слово. В английском языке число пальцев на одной руке выражается словом «five» (пять), а на всех четырех конечностях — словом «twenty» (двадцать).

Еще в далекой древности королевские сборщики налогов, летописцы, переписчики заметили, что числа — это не простые слова, они располагаются в строго определенном порядке. Поэтому следовало придумать для их обозначения особые знаки.

Если, к примеру, обозначить число 1 — ‘, 2 — ‘‘, 3 — ‘’’ и т. д., весь ряд может быть вы-



ражен символически без особого труда. Легко можно убедиться, что символ $\dots\dots\dots$ обозначает 23. Более того, этот символ универсален и обозначает 23 на любом языке.

Однако прочитать слишком много значков в непрерывном ряду не всегда легко. Поэтому представляется логичным разбить такой ряд на небольшие группы. Поскольку мы привыкли для подсчета пользоваться пальцами руки, вполне можно разбить ряд знаков на группы по пять единиц. Тогда число 23 будет выглядеть следующим образом: $\dots\dots\dots$. Если мы уже находимся на более высоком уровне развития и можем использовать для счета пальцы обеих рук, то же самое можно выразить так: $\dots\dots\dots$. Если привлечь к работе и пальцы ног, можно разбивать значки в группы по двадцать.

Эти три метода разбивки ряда символов на более мелкие группы, с которыми легче обращаться, оставили свой след во всех числовых системах, которыми пользуется человечество. Наибольшее распространение получила разбивка на группы по 10. Двадцать символов в одной группе — очень много для восприятия, а пять — с увеличением числа получается слишком много групп. Таким образом, десять — удачный компромисс.

Следующий логичный шаг — обозначить группу из 10 символов особым знаком. Нет никакого резона всякий раз выписывать $\dots\dots\dots$, если вместо этого можно использовать всего один значок, к примеру \cdot . В таком случае 23 будет записано следующим образом: $\cdot\cdot\cdot$.

Если вы начали двигаться в этом направлении, следующие шаги совершенно очевидны. С

следует только последний. G — седьмая буква алфавита и обозначает цифру 7. Запомнить несложно. В этом случае работу символа, состоящего из семи компонентов, выполняет однокомпонентный символ. Кроме того,  (шесть) на первый взгляд очень похоже на  (семь), а буквы F (шесть) и G (семь) совершенно не похожи.

Греки, как вы понимаете, использовали свой алфавит. Но я для наглядности буду пользоваться нашими, значительно более знакомыми буквами. A = 1, B = 2, C = 3, D = 4, E = 5, F = 6, G = 7, H = 8, I = 9, J = 10.

Можно пойти далее и сказать, что K = 11, но тогда нашего алфавита хватит только на 26 цифр. Греки сделали лучше. Они воспользовались методом вавилонян разбивки на группы по десять. Если J = 10, это означает не только 10 предметов, но также одну группу из 10 предметов. Тогда можно использовать следующие буквы для обозначения десятков.

Иначе говоря, J = 10, K = 20, L = 30, M = 40, N = 50, O = 60, P = 70, Q = 80, R = 90. Далее можно продолжать с сотнями: S = 100, T = 200, U = 300, V = 400, W = 500, X = 600, Y = 700, Z = 800. Конечно, удобнее было бы продолжать до 900, но закончились буквы. Однако в старомодных алфавитах в конце иногда ставили значок &, поэтому мы имеем право довести дело до логического завершения и обозначить & = 900.

Таким образом, первые девять букв представляют собой единицы от 1 до 9, вторые — десятки, также от 1 до 9, третьи — сотни, и тоже от одной до девяти. (Раньше в греческом алфавите были только 24 буквы, а требовалось 27, поэто-

му для обозначения всех цифр греки добавили три устаревшие буквы.)

Такая система имела как преимущества, так и недостатки в сравнении с вавилонской системой. Основное преимущество заключалось в том, что любое число до 1000 выражалось тремя символами. К примеру, в соответствии с только что описанной мною системой $675 = \text{XPE}$, а $816 = \text{ZJF}$.

Ее существенный недостаток заключается в том, что для изображения чисел до 1000 следует запомнить и никогда не путать все 27 символов, а вавилоняне использовали для этого всего три символа.

К тому же греческая система прекращала свое действие, когда заканчивались буквы алфавита. Самое большое число, которое можно записать таким образом, — $999 = \text{\&RI}$. Далее необходимо вводить новые обозначения для групп тысяч, десятков тысяч и т. д.

Недостатком греческой системы являлось то, что одни и те же символы использовались для обозначения слов и чисел. Вполне можно что-то и перепутать. Между прочим, в греко-римские времена евреи приняли греческую систему представления цифр, но с использованием иудейского алфавита и сразу столкнулись с немалыми трудностями. Число 15 они записывали как «десять-пять». Но это же самое слово «десять-пять» у иудеев являлось именем Господа, которое нельзя было произносить всуе. Поэтому иудеям, чтобы не богохульствовать, пришлось ввести вместо «десять-пять» «девять-шесть».

Хуже того, слова в греко-иудейской системе выглядели как цифры. Например, используя

наш алфавит, буквами WRA обозначается число 591. В алфавитной системе обычно все равно, в каком порядке располагать символы (хотя, как мы убедимся, это неприменимо к римским цифрам, которые также являются алфавитными), и WAR также означает 591. Согласитесь, легко поверить, что в этом числе есть что-то угрожающее, даже смертельно опасное.

Иудеи, самым внимательным образом изучавшие каждый слог в Библии, стараясь воспроизвести каждое Божье слово с максимальной точностью и должным почтением, умудрялись видеть числа во всех словах. Этим объясняется возникновение во времена Нового Завета целой мистической системы, которая строится на взаимосвязи слов и чисел в Библии. Именно тогда иудеи вплотную приблизились к математике. Они назвали свою систему *gematria*, что является искажением греческого *geometria*. Мы называем это науку нумерологией.

Даже в наше время кое-кто присваивает числовые обозначения буквам и таким образом решает, какие имена являются счастливыми, а какие — нет; кто на ком должен жениться и т. д. У меня такие псевдонаучные старания вызывают только улыбку.

Часть *gematria* нашла отражение и в более поздней истории. Я имею в виду последнюю книгу Нового Завета «Откровение Иоанна Богослова», написанную в мистической манере и представляющую сложность для литературного понимания. Мне кажется, что причина отсутствия ясности вполне очевидна. Автор «Откровения» разоблачает римское правительство и поэтому справедливо опасается гонений, если его произведение будет очевидным. Поэтому он

предпринял попытку писать так, чтобы его поняла та часть читателей, к которой он обращался, а для римских властей его труд остался бы бессмыслицей.

В 13-й главе он повествует о «звере с семью головами и девятью рогами», а в 18-м стихе утверждает: «Здесь мудрость. Кто имеет ум, тот сочти число зверя, ибо это число человеческое; число его шестьсот шестьдесят шесть».

Совершенно очевидно, что автор не собирался таким образом придать святость псевдонауке *gematria*. Он имел в виду вполне конкретную личность. Насколько известно, «Откровение» было написано вскоре после первых гонений на христиан под предводительством Нерона. Если имя Нерона (Нерон Цезарь) записать в принятой у иудеев системе, то цифры, представленные буквами, действительно составляют 666 — «число зверя».

Разумеется, возможны и другие толкования. Если рассматривать «Откровение» как труд, имеющий значение не только для эпохи, когда он был написан, но и для грядущих времен, все сказанное может относиться и к некоему антихристу будущего. По этой причине многие поколения людей делали попытки (и продолжают этим заниматься) показать, что, если написать на определенном языке имя, а затем присвоить буквам цифровые обозначения, после чего произвести некоторые манипуляции и подсчитать сумму, можно получить «число зверя».

Христиане применяли это правило к Нерону; иудеи веком позже могли сделать то же самое по отношению к Гадриану. Спустя пять веков то же правило было применено к Мохаммеду. Во времена Реформации католики подсчитали, что

«число зверя» дает имя Мартина Лютера, а протестанты, чтобы не остаться в долгу, быстро пришли к этому выводу в отношении сразу нескольких пап.

Несколько позже, когда религиозные столкновения сменились межнациональными, оказалось, что носителями «числа зверя» являются Наполеон Бонапарт и Вильгельм II. Более того, мне потребовалось всего несколько минут работы с собственной алфавитно-цифровой системой, чтобы показать: «Herr Adolif Hitler» также имеет число зверя. (Для этого потребовалось всего-навсего добавить дополнительное «i» в имя.)

Римская система цифровых символов имеет ряд сходств как с греческой, так и с вавилонской системой. Римляне, как и греки, использовали для обозначения цифр буквы алфавита. Однако они взяли не все буквы по порядку, а только несколько, повторяя их по мере необходимости, как и вавилоняне. Однако, в отличие от жителей Древнего Вавилона, римляне использовали новый символ не для каждого десятка, а для пятерки (что, естественно, более примитивно).

Итак, начнем: символ для цифры 1 — I, 2 = II, 3 = III, 4 = IIII. 5 — это уже не IIII, а V. На протяжении веков ученые (и не только) развлекались, пытаясь придумать причину, по которой были выбраны конкретные буквы для обозначения цифр, но так и не сумели это сделать. Скорее всего, такой причины попросту не существует. Выбор, очевидно, был случайным, и буквы могли быть другими. Принято думать, что I символизирует вытянутый палец, а V — ла-

донь, где одна ветвь буквы — большой палец, а вторая — все остальные пальцы. 6 = VI, 7 = VII, 8 = VIII, 9 = VIII.

10 = X. Принято считать, что это символ скрещенных рук. 23 = XXIII, 47 = XXXVII и т. д.

Для 50 был принят символ L, для 100 — C, для 500 — D, 1000 — M. Причем C и M запоминаются просто. C — первая буква слова *centum* (сто), а M — первая буква слова *mille* (тысяча). Последнее вызывает обоснованные подозрения. Являясь первыми буквами соответствующих слов, они могли вытеснить первоначально принятые для их обозначения символы. К примеру, альтернативным символом для 1000 мог быть символ (I), для 500 — правая половина этого знака, впоследствии преобразованная в D. Что же касается L = 50, я понятия не имею, почему его начали использовать.

Теперь мы можем записать римскими цифрами 1964. Это будет выглядеть следующим образом: MDCCCLXIII.

Несомненным преимуществом этой системы записи цифр является тот факт, что порядок расположения символов не имеет никакого значения. Если, к примеру, мне придет в голову написать это же число следующим образом: CDCLIIIХСІСІ, оно все равно будет обозначать 1964. Хотя, я думаю, этого никто не стал бы делать. Если буквы расположены в порядке уменьшения значения цифры (как я сделал это в первый раз), их значительно легче воспринимать и складывать. Поэтому обычно применяется именно такой порядок (за исключением особых случаев).

Когда порядок записи буквенных символов в римских числительных установлен, можно позволить себе некоторые отклонения, если они

приведут к каким-то упрощениям. Например, мы можем решить, что, если символ с меньшим значением *следует* за символом, имеющим большее значение, они складываются, если же символ, имеющий меньшее значение, *предшествует* символу, имеющему большее значение, первое число следует вычесть из второго. Таким образом, VI = 5 + 1, а IV = 5 - 1. (Вы можете сказать, что тогда IV — это 3, но дело в том, что удобнее вычитать только одну цифру.) Точно так же LX = 60, а XL = 40, CX = 110, а XC = 90, MC = 1100, а CM = 900.

Значение изложенного выше «принципа вычитания» заключается в следующем: два символа могут выполнить работу пяти. Зачем писать VIII, если можно ограничиться IX, или DCCCC, если хватит CM? Теперь можно записать 1964 в виде MCMLXIV (семь символов) вместо приведенного ранее числа MDCCCCLXIII (двенадцать символов). Но теперь порядок записи буквенных символов приобрел значение. Их больше нельзя переставлять. К примеру, MMCLXVI (те же самые семь символов, но в другом порядке) — это уже 2166.

В древности «принципом вычитания» пользовались эпизодически; окончательно он был принят только в Средние века. Могу предложить забавное объяснение причин столь длительной задержки. Это связано с написанием цифры IV (четыре). Эти же символы являются первыми в имени главного римского божества IVPITER. Вполне вероятно, римляне не желали оскорблять своего бога частым употреблением начальных букв его имени. Даже сегодня на циферблатах часов, где использованы римские цифры, вместо IV обычно указывается III. И это вовсе не

потому, что изготовители часов не приемлют «принципа вычитания»; ведь цифра 9 всегда обозначается IX, а не VIII.

Используя приведенные выше символы, мы можем довести счет до 4999. Это число будет выглядеть следующим образом: MMMMDCC-CCLXXXVIII, или, используя принцип вычитания, MMMCMXCIX. Вы можете предположить, что 5000 = MMMMM, но это не совсем так. Строго говоря, в римской системе символы никогда не повторялись более четырех раз. Для этого всякий раз вводился новый символ: IIII = V, XXXXX — L, CCCCC = D. Но чему тогда равно MMMMM?

Для 5000 не ввели специальной буквы. В древности в повседневной жизни в таких больших числах просто не было необходимости. Если же ученые или сборщики налогов и умели обращаться с подобными величинами, они не передавали свои навыки простым людям.

Один из способов преодолеть барьер 5000 — использовать черту над буквой для обозначения тысяч. Таким образом, V — это уже не 5, а 5000. Другой способ написания больших чисел — вернуться к примитивному символу I и, добавляя вокруг него круглые скобки, увеличивать число нулей. ((I)) = 10 000, а (((I))) = 100 000. Так же как 500 = I) или D, 5000 = I)), 50 000 = I))).

Как и римляне, греки для обозначения тысяч использовали специальные отметки. Греки даже пошли дальше, введя особые отметки для десятков тысяч и миллионов (по крайней мере, это сделали некоторые греческие писатели). Тот факт, что римляне не довели дело до логического завершения, не является удивительным. Римляне гордились тем, что не являются высокими

интеллектуалами. Однако тот факт, что греки здесь тоже оказались не на высоте, удивляет меня безмерно.

Предположим, что вместо введения специальных значков только для больших чисел было решено использовать специальные знаки для всех групп, начиная с единиц. Если придерживаться системы, изложенной мною в начале настоящей главы, где ' обозначает единицы, — это десятки, + сотни, а = тысячи, тогда можно обойтись одним набором из девяти символов. Мы сможем изображать каждую цифру под соответствующим значком, обозначающим тип группы: = + — '. Тогда число 2581 будет изображаться следующим образом (с использованием только букв от А до І и упомянутых выше значков):

$$\begin{array}{cccc} = & + & - & ' \\ \text{В} & \text{Е} & \text{Н} & \text{А} \end{array}$$

А 5555 будет записано так:

$$\begin{array}{cccc} = & + & - & ' \\ \text{Е} & \text{Е} & \text{Е} & \text{Е} \end{array}$$

Причем одинаковые символы Е перепутать невозможно, так как один из них обозначает 5, другой — 50, третий — 500, а четвертый — 5000. Используя дополнительные обозначения для 10 000, 100 000, миллионов и т. д., можно записать любую цифру, как бы велика она ни была.

Правда, не думаю, чтобы такая система могла завоевать популярность. Даже если бы какой-нибудь грек придумал нечто подобное, ему наверняка бы не понравилась необходимость аккуратно выписывать эти маленькие значки. Во времена ручного переписывания документов лишние знаки означали дополнительный труд, и

писцы наверняка воспротивились бы такой безрадостной перспективе.

Кто-то может решить, что дополнительные обозначения вообще не нужны. В конце концов, соответствующие группы можно записывать справа налево в порядке возрастания величины. Единицы расположатся в крайнем правом ряду, левее будут находиться десятки, дальше сотни и т. д. В таком случае ВЕНА = 2581, а ЕЕЕЕ = 5555 и без дополнительных значков сверху.

Совершенно верно. Тут возможна другая сложность. А если в каком-то числе не будет группы десятков или единиц? Как быть, к примеру, с числом 10 или 101? Первое состоит из одной группы десятков без единиц, а второе — из групп сотен и единиц, но без десятков. Если использовать принятые обозначения, числа можно записать следующим образом: \bar{A} и $A\bar{A}$, только теперь без маленьких значков над буквами обойтись нельзя. Если попробовать, сразу станет ясно, что невозможно отличить \bar{A} , обозначающую 1, от A , обозначающей 10, или $AA = 101$ от $AA = 11$ или $AA = 110$.

Можно попробовать оставить пробел, обозначив 101 как $A A$. Но в эпоху ручного переписывания пробел наверняка очень быстро потерялся бы, превратив число в AA . Не менее вероятен и обратный процесс — трансформации AA в ΛA . И как обозначить пробел в конце числа? Я уверен, если греки и думали о чем-то подобном, то пришли к выводу, что пробелы между символами в числах сделают упрощение практически неприменимым. Они решили бы, что проще обозначить $J = 10$, а $SA = 101$; что же касается маленьких значков, ну их к Гадесу!

Никто из греков, даже сам великий Архимед, не подумал, что не обязательно вводить в символ пробелы. Их легко можно заполнить каким-нибудь ничего не значащим символом. Например, поставим вместо пробела значок \$. Тогда число 101 можно записать в виде $\overset{\cdot}{A} \overset{\cdot}{\$} \overset{\cdot}{A}$. Если мы так и поступим, пробелов не будет, да и в значках над буквой больше нет необходимости. Теперь 1 — это A, 10 — A\$, 100 — A\$\$ и т. д. Любое число, как бы велико оно ни было, может быть записано с помощью девяти букв и одного символа, ничего не обозначающего.

Казалось бы, что может быть проще? После того, как это придумано!

И тем не менее человечеству потребовалось больше пяти тысячелетий, считая от появления первых обозначений чисел, чтобы додуматься до введения в практику символа пустоты. К сожалению, имя гения, которому принадлежит эта величайшая заслуга, осталось неизвестным человечеству. Мы только знаем, что он был индусом и жил не позднее IX века.

Индусы называли новый символ *sunya*, что означает «пустой». Этот символ вскоре был принят арабами, назвавшими его *sifr*. Это слово тоже обозначает «пустой», но уже на арабском языке. Позже оно было преобразовано в современные термины *cipher* (ноль), а потом через *zefirum* в *zero*.

Новая система, названная арабской (поскольку свронеицы узнали ее от арабов), очень медленно добралась до стран Запада и вытеснила римскую.

Арабские числительные возникли в тех краях, где никогда не использовали латинский алфавит, поэтому форма цифр ничем не напоминала буквы римского алфавита. С их появлением

была устранена путаница между словами и цифрами, а получившая широкое распространение *gematria* постепенно утратила свое значение и перестала занимать умы широких масс.

Арабские цифры, которыми все мы сегодня пользуемся, — это 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и конечно же 0. Мы привыкли к этим цифрам и, пожалуй, даже не осознаем, насколько полно. К примеру, если в настоящей главе вам что-то показалось странным или сомнительным, то, возможно, оттого, что я в ней намеренно не приводил ни одного арабского числительного.

Мы все знаем, насколько появление арабских цифр упростило арифметические вычисления. Они избавили людей от множества ненужных забот, в основном благодаря присутствию нуля, которое является воистину бесценным. Необыкновенная важность нуля нашла свое отражение и в английском языке. Ведение арифметических подсчетов носит слегка устаревшее название *ciphering* (*cipher* — ноль), а процесс расшифровки какого-либо кода — *deciphering*.

Теперь, если вы вернетесь к названию этой главы, то поймете, что его следует понимать буквально. Ничего считается! И появление специального символа для обозначения ничего является величайшим открытием человечества.

Глава 13

БУКВОЙ С ОБОЗНАЧАЕТСЯ СКОРОСТЬ СВЕТА В ПУСТОТЕ

Вряд ли можно назвать физическую формулу более известную, чем $e = mc^2$, полученную Эйнштейном. Ее знают все: высокоинтеллекту-

альные читатели научной фантастики, физики-атомщики, студенты, газетные репортеры, домашние хозяйки, водители автобусов и даже некоторые конгрессмены.

Конечно, знать — это еще не значит понимать. Точно так же умение быстро пробормотать «Отче наш» не является свидетельством глубины религиозных чувств.

Давайте внимательно рассмотрим эту формулу. Каждая буква является начальной буквой в слове, обозначающем соответствующую величину: *e* — первая буква слова *energy* (энергия), *m* — слова *mass* (масса), а *c* — слова *celeritas* (скорость по-латыни). Последняя величина — это скорость света в вакууме.

Но это еще не все. Следует также иметь представления о единицах измерения всех ее составляющих. К примеру, нет смысла говорить о массе, равной 2,3. Масса может быть равна 2,3 грамма, 2,3 фунта, 2,3 тонны и т. д.

Теоретически можно выбирать любые удобные единицы измерения. Однако на практике обычно массу выражают в граммах, расстояние в сантиметрах, а время в секундах, а все последующие единицы выводят из трех фундаментальных.

Поэтому *m* в формуле Эйнштейна выражается в граммах (г), *c* — в сантиметрах в секунду (см/сек). Кстати, обратите внимание, что предлог «в» в выражении «сантиметры в секунду» при кратком обозначении единицы измерения заменен дробной чертой. Дело в том, что для получения скорости, выраженной количеством сантиметров, пройденных за 1 секунду, следует число сантиметров разделить на число секунд. Если, например, за 8 секунд пройдено 24 сантиметра, скорость равна $24 \text{ см} : 8 \text{ сек} = 3 \text{ см} / \text{сек}$.

Но вернемся к предмету нашего разговора. В формуле величина c возведена в квадрат: $c \times c = c^2$, см/сек \times см/сек = см²/сек².

Точно так же, площадь участка земли 60 \times 60 футов будет равна не 3600 футов, а 3600 квадратных футов.

Возникает вопрос: в каких единицах будет измеряться e ? На него ответит сама формула Эйнштейна, если мы произведем с единицами измерения те же действия, что и с любыми другими алгебраическими символами. Напомню, $e = mc^2$. Если m измеряется в г, а c^2 — в см²/сек², то единица измерения e — г см²/сек².

Между прочим, еще задолго до появления формулы Эйнштейна было решено, что единица измерения энергии (на основе грамма — сантиметра — секунды) должна быть г см²/сек². Я сейчас объясню почему.

Единица скорости — это см/сек. Я уже об этом говорил. Но что происходит, когда предмет меняет скорость? Предположим, в какой-то момент предмет движется со скоростью 1 см/сек, секундой позже его скорость становится 2 см/сек, в следующую секунду — 3 см/сек. Иными словами, предмет движется с ускорением (слово *acceleration* — ускорение тоже произошло от латинского *celeritas*).

В приведенном выше примере ускорение составляет 1 сантиметр в секунду в каждую секунду. Заменяя последнее «в» дробной чертой, получим 1 см/сек/сек.

Как я уже говорил, мы имеем право обращаться с единицами измерения как с любыми алгебраическими символами. Произведя соответствующие

преобразования, получим $1 \text{ см/сек/сек} - 1 \text{ см/сек}^2$. Это и есть единица измерения ускорения.

В физике Ньютона сила вызывает ускорение. Согласно 1-му закону Ньютона, любой движущийся предмет, предоставленный сам себе, будет всегда двигаться с постоянной скоростью и в постоянном направлении. В частном случае скорость может быть нулевой, и, согласно тому же закону Ньютона, объект в состоянии покоя, если его не тревожить, останется в покое навсегда.

Под действием силы, которая может быть гравитационной, электромагнитной, механической и т. д., скорость изменяется. Это означает, что изменяется величина скорости, или ее направление, или и то и другое.

Величина силы, действующей на предмет, измеряется вызванным ею ускорением, а также массой предмета, поскольку сила, приложенная к более тяжелому предмету, вызовет меньшее ускорение, чем та же сила, приложенная к более легкому предмету. (Если хотите, можете проверить. Ударьте изо всех сил сначала по надувному пляжному мячу, а затем по пушечному ядру и посмотрите, что получится.)

Ваши наблюдения можно будет выразить формулой: $f = ma$ (сила равна массе, умноженной на ускорение). Единица массы — г, ускорения — см/сек^2 , а единица силы равна их произведению, то есть $\text{г} \cdot \text{см/сек}^2$.

Очевидно, физикам со временем надоело постоянно произносить такую длинную размерность (грамм на сантиметр на секунду в квадрате), и они заменили ее коротким словом «дин» (от греческого *dynamis* — сила). 1 дин — $1 \text{ г} \cdot \text{см/сек}^2$.

Дин — это количество силы, приложенное к телу массой 1 г и вызывающее ускорение 1 см/сек^2 .

Ясно?

Теперь о понятии работы. В понятии физиков работа — это совсем не то, чем я занимаюсь, сидя за пишущей машинкой и ломая голову над написанием очередной главы. Для физиков работа — это преодоление силы. Поднять предмет против действующей на него силы тяжести; отодвинуть металлический брусок, преодолев притяжение магнита; забить в стенку гвоздь, преодолев силу трения, — вот это работа.

Количество работы зависит от величины силы, которую необходимо преодолеть, и расстояния. Или $w = fd$ (работа равна силе, умноженной на расстояние).

Единица расстояния — см, единица силы — дин, следовательно, единица работы — дин · см. И снова физикам не понравилось произносить длинную размерность, и они придумали слово покороче — «эрг» (от греческого *ergon* — работа).

1 эрг — это работа, выполненная при перемещении предмета на расстояние 1 см силой в 1 дин.

А теперь припомните, что дин = $г \cdot см/сек^2$. Это означает, что единица работы — это $см \cdot г \cdot см/сек^2$. Или эрг = $г \cdot см^2/сек^2$. Другими словами, 1 эрг — это работа, совершаемая при перемещении предмета массой 1 г на расстояние 1 см с ускорением $1 см/сек^2$.

Несколько более века назад было обнаружено, что работа и энергия являются величинами равноценными, то есть их единицы измерения одинаковы. Следовательно, эрг является также единицей измерения энергии в системе единиц грамм — сантиметр — секунда.

Вернемся к формуле Эйнштейна. Подсчитанная по ней энергия измеряется в $г \cdot см^2/сек^2$, а

это и есть эрг. Причем здесь нет никакого совпадения. Если бы по этой формуле получилась какая-нибудь другая единица, Эйнштейну пришлось бы заточить карандаш и начинать работу заново — искать ошибку.

Теперь можно подставить в формулу Эйнштейна численные значения. Что касается m , мы можем выбрать любое значение, какое нам понравится. Для простоты выберем $m = 1$ г.

В случае c у нас выбора нет. Скорость света в вакууме имеет строго определенную величину. В принятой нами системе единиц это 29 979 000 000 см/сек. Мы не сделаем большой ошибки, если округлим это число до 30 000 000 000 см/сек (представьте себе, при этой скорости свет пройдет 30 миллиардов сантиметров, то есть $\frac{3}{4}$ расстояния до Луны всего лишь за 1 секунду!). Скорость света можно также представить в виде 3×10^{10} см/сек.

Чтобы получить c^2 , возведем эту величину в квадрат. Получим 900 000 000 000 000 000 000 см², или 9×10^{20} см²/сек². Выражение mc^2 , равное по формуле Эйнштейна энергии, приобретает вид: $1 \text{ г} \times 9 \times 10^{20} \text{ г} \cdot \text{см}^2/\text{сек}^2 = 9 \times 10^{20}$ эрг.

Другими словами, если 1 грамм будет полностью преобразован в энергию, вы окажетесь счастливым обладателем 900 квинтиллионов эрг. И наоборот, если вам потребуется создать 1 грамм вещества из чистой энергии, вам придется позаботиться о поставке 900 квинтиллионов эрг.

Звучит очень впечатляюще, не так ли? 900 квинтиллионов эрг! Ух ты!

Но не торопитесь удивляться и восхищаться! Лучше подумайте: эрг — для нас единица незнакомая. А так ли уж она велика?

Что ж, 1 эрг — это немного. Более того, это совсем мало. Эрг появился в системе измерений грамм — сантиметр — секунда, но оказался так мал, что на практике вряд ли мог стать полезным. Например, давайте рассмотрим задачу подъема груза весом в 1 фунт на высоту 1 фут. Понятно, что для этого надо преодолеть силу тяжести. В данном случае это не трудно и не потребует большого расхода энергии. Думаю, вы без труда поднимете и 100 фунтов на высоту 1 фут и даже не почувствуете усталости. Сильный мужчина справится и с 1000 фунтов.

Энергия, затраченная на подъем 1 фунта на 1 фут, равна 13 558 200 эрг. Если такая пустяковая работа требует затрат миллионов эрг, нам необходима более крупная единица измерения, чтобы оперировать со сравнительно небольшими числами.

Например, существует единица измерения энергии, названная джоуль. 1 джоуль = 10 000 000 эрг.

Эта единица получила название по имени британского физика Джэймса Прескотта Джоуля. Он, унаследовав изрядное состояние и семейный бизнес, предпочел посвятить себя научным исследованиям. В период с 1840-го по 1849 год он провел ряд тщательных экспериментов, которые продемонстрировали взаимные превращения работы и теплоты и вплотную подвели физиков к пониманию закона сохранения энергии. Закон был впервые сформулирован в 1847 году немецким ученым

Германом Людвигом Фердинандом фон Гельмгольцем, которому достались все лавры.

Джоуль оказался исключительно полезной единицей для повседневной жизни. Подъем тела весом 1 фунт на высоту 1 фут требует около 1,36 джоулей энергии. По-моему, очень удобная единица измерений.

А тем временем физики, изучавшие теплоту, ввели новую единицу, удобную для своих целей. Это была калория (от латинского *calor* — тепло), сокращенно — кал. Калория — это количество теплоты, необходимое, чтобы поднять температуру 1 г воды с 14,5° до 15,5 °С. (Количество теплоты, необходимое для нагрева 1 г воды на 1 °С, немного отличается для разных температур.)

Когда было наглядно продемонстрировано, что все другие формы энергии и все формы работы могут преобразовываться в теплоту, стало очевидно, что любая единица, подходящая для измерения количества теплоты, пригодна для измерения любых видов энергии и работы.

Джеймс Джоуль опытным путем доказал, что 4,185 джоулей энергии или работы могут преобразоваться в 1 калорию. Таким образом, 1 кал = 4,185 джоулей = 41 850 000 эрг.

Хотя калория как единица измерения очень удобна физикам, она маловата для химиков. При химических реакциях обычно поглощается или выделяется количество теплоты, выражаемое в калориях очень большими числами. К примеру, при распаде 1 г углевода на углекислоту и воду высвобождается примерно 4000 калорий. При сгорании 1 грамма жира высвободится около

9000 калорий. А человеческое существо, выполняющее такую работу, какой занимаюсь я, потребит в день 2 500 000 калорий.

Числа были бы удобней и легче для восприятия при использовании большей единицы измерения, чем калория. Так возникла большая калория: количество теплоты, необходимое для нагрева 1000 граммов (1 кг) воды с 14,5 °С до 15,5 °С. Думаю, ясно, что эта большая калория в 1000 раз больше маленькой. Но, поскольку они обе называются калориями, путаницы меньше не становится.

Эти единицы периодически называют маленькой и большой калориями, грамм-калорией и килограмм-калорией или даже калорией и Калорией. Последнее решение представляется особенно неумным. Интересно, каким образом его авторы предполагают показать это различие в устной речи (а ведь наши ученые должны иногда и говорить).

По моему мнению, самое разумное решение заключается в следующем: в метрической системе $1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}$, $1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$ и т. д. Так почему бы не назвать большую калорию килокалорией, сокращенно ккал? $1 \text{ ккал} = 1000 \text{ кал}$.

Итак: $1 \text{ ккал} = 1000 \text{ кал} = 4185 \text{ джоулей} = 41\,850\,000\,000 \text{ эрг}$.

Еще одна единица измерения — энергия — возникла в связи с появлением понятия мощности. Мощность — это скорость выполнения работы. Машина может поднять груз массой в 1 тонну на высоту 1 фут за 1 минуту или 1 час. В обоих случаях энергия будет затрачена одинаковая, однако потребуются более мощный рывок, чтобы выполнить работу за более короткий промежуток времени.

На поднятие груза весом 1 фунт на высоту 1 фут затрачивается энергия 1 фут-фунт. Эта работа может быть выполнена за 1 секунду, и фут-фунт/сек - допустимая единица измерения мощности.

Первым человеком, предпринявшим серьезную попытку измерить мощность, был Джеймс Уатт (1736 - 1819). Он сравнил мощность паровой машины, которую сам изобрел, с мощностью лошади, измерив мощность в лошадиных силах (л. с.). При этом он сначала измерил мощность лошади в футах-фунтах/сек, после чего приравнял 1 л. с. к 550 футам-фунтам/сек. Этот коэффициент перевода сейчас является стандартной величиной.

Измерение мощности в футах-фунтах/сек и лошадиных силах является вполне законным, практически везде мощность двигателей принято измерять в лошадиных силах. Эти единицы неудобны тем, что напрямую не увязаны с системой измерений грамм - сантиметр - секунда. 1 фут-фунт = 1,355282 джоуля, 1 л. с. = 10,688 ккал/мин. Оперировать этими величинами не очень удобно.

Идеальной единицей измерения мощности в системе грамм - сантиметр - секунда можно было бы считать эрг в секунду. Однако эрг слишком мал, поэтому удобнее использовать джоули в секунду. А поскольку 1 джоуль = 10 000 000 эрг, 1 Дж/сек = 10 000 000 эрг/сек = 10 000 000 г · см²/сек².

Теперь осталось придумать для единицы более короткое название, предпочтительнее односложное. Выбор представляется очевидным! Что может быть лучше фамилии человека (состоящей из одного слога), который первым попытался измерить мощность. Итак, 1 Дж/сек был принят равным 1 ватту (Вт).

Умножив мощность на время, мы вернемся к энергии. Например, если 1 ватт умножить на 1 секунду, получится 1 Вт · с. А поскольку 1 Вт = 1 Дж/сек, 1 Вт · с = 1 Дж и является единицей измерения энергии.

Более знакомой и привычной единицей является киловатт-час (кВт · ч). 1 кВт = 1000 Вт, 1 час = 3600 сек. 1 кВт · ч = 1000 × 3600 Вт · с = 3 600 000 Дж = 36 000 000 000 эрг.

А так как 4185 Дж = 1 ккал, 1 кВт · ч — 860 ккал — 860 000 кал.

Человеческое существо, потребляющее 2500 ккал/день, производит (разумеется, в форме теплоты) примерно 104 ккал/час, что равноценно 0,120 кВт · ч/час = 120 Вт. В следующий раз, когда вы придете к друзьям на коктейль (или войдете в переполненный вагон метрополитена) в жаркий августовский вечер, можете подумать об этом, глядя на каждого нового гостя или пассажира. Появление каждого дополнительного человека равноценно включению еще одной лампочки на 120 Вт. Таким образом вам наверняка станет еще жарче, но вы получите изрядное удовлетворение, которое дают только научные знания.

Но вернемся к теме. Вы убедились, что существует немало единиц, в которых может быть выражено количество энергии, образовавшееся при полном превращении 1 грамма массы. Этот грамм высвобождает:

900 000 000 000 000 000 эрг,
 или 90 000 000 000 000 Дж,
 или 21 500 000 000 кал,
 или 21 500 000 ккал,
 или 25 000 000 кВт · ч.

В результате можно сделать вывод: эрг — очень малая единица, но когда их 900 квинтиллионов, это не может не впечатлить. Преобразовав 1 грамм массы в энергию и используя ее с должной эффективностью, мы обеспечили бы горение 1000-ваттной электрической лампочки в течение 2850 лет, то есть от эпохи Гомера до наших дней.

Разве это не решит проблему топлива?

Давайте поставим вопрос по-другому: какую массу следует преобразовать, чтобы произвести 1 кВт · ч энергии?

Если 1 грамм массы производит 25 000 000 кВт · ч энергии, то для производства 1 кВт · ч необходимо $\frac{1}{25\,000\,000}$ грамма.

Полученная величина чрезвычайно мала. Предположим, мы выбрали единицу, меньшую грамма, и назвали ее микрограмм. Это миллионная часть грамма, то есть 10^{-6} г. Тогда 1 кВт · ч получится преобразованием 0,04 микрограмма массы.

Но даже микрограмм слишком велик и поэтому неудобен; тем более что нас может заинтересовать единица мощности меньше, чем кВт · ч. Поэтому мы можем говорить о микромикрограммах (сейчас их называют пикограммами). Это одна миллионная от миллионной части грамма, иными словами, 10^{-12} г. Теперь можно утверждать, что для производства:

1 кВт · ч необходимо	40 000	пикограмм,
1 ккал	» 46,5	»
1 кал	» 0,0465	»
1 Дж	» 0,0195	»
1 эрг	» 0,00000000195	»

Чтобы вы лучше прочувствовали эти числа, хочу вам сообщить, что масса обычной клетки человеческого тела — 1000 пикограммов. Если бы условия сложились так, что человеческое тело получило способность преобразовывать массу в энергию, преобразование содержимого 125 клеток (тело, где их не менее 50 000 000 000 000, вполне может себе позволить), снабдило бы тело питанием в размере 2500 ккал на целый день.

Количество массы, которое после преобразования выработает 1 эрг энергии, является слишком маленькой величиной, поэтому нужна величина еще меньше, и мы обратимся к пикопикограммам. Это 10^{-24} г, то есть триллионная триллионной части грамма. Потребуется 1950 пикопикограммов массы, чтобы произвести 1 эрг энергии.

Ну и что? Отдельный атом водорода имеет массу примерно 1,66 пикопикограмма, атом урана — 235 — массу 400 пикопикограммов. Следовательно, 1 эрг энергии получится преобразованием 1200 атомов водорода или 5 атомов урана-235.

При обычном расщеплении только $\frac{1}{1000}$ часть массы превращается в энергию, и для производства 1 эрга энергии понадобится 5000 расщепленных атомов урана. При слиянии атомов водорода в энергию преобразуется $\frac{1}{1000}$ часть массы, значит, для получения 1 эрга энергии понадобится 120 000 слившихся атомов водорода.

На этом, я думаю, можно оставить в покое формулу $e = mc^2$.

Глава 14

ЕДИНИЦА ВОЗДЕЙСТВИЯ

После переиздания моей книги «Я, робот» издательством «Даблдей & Компани» некоторые обозреватели (несомненно, обладавшие огромным интеллектом и тонким вкусом) начали отзываться о ней как о «классическом произведении», что не могло не доставить мне удовольствие.

Слово «классический» имеет то же значение, что прилагательное «первоклассный» или часто звучащее в устной речи слово «классный». Любое из них полностью совпадает с моим собственным мнением о книге «Я, робот», но я (исключительно ввиду своей скромности и щепетильности) скорее умру, чем признаю этот факт открыто. Сейчас я упоминаю об этом лишь потому, что наша беседа с вами, уважаемые читатели, является сугубо конфиденциальной.

Правда, слово «классический» имеет и второе значение, которое нравится мне намного меньше. Литераторы эпохи Возрождения часто использовали его, рассуждая о произведениях античной Греции и Рима. Следовательно, «классический» означает не только «хороший», но еще и «старый».

Что я могу сказать... Книга «Я, робот» впервые увидела свет несколько лет назад, а ее отдельные главы были написаны... Ну, это не важно. Суть заключается в том, что я решил слегка обидеться, поскольку меня посчитали достаточно старым для написания классического произведения. Поэтому следующую главу я посвятил одной из областей, где «классический» является скорее оскорблением, чем похвалой.

Понятно, что это должна быть область, где быть старым автоматически означает быть неправым. Можно с умным видом рассуждать о современном искусстве, литературе или мебели, мысленно презрительно ухмыляясь, поскольку рассматриваемые произведения не выдерживали никакого сравнения с великими творениями старых мастеров. Однако, как только речь пойдет о современной науке, оратору останется только снять шляпу и с почтением прижать ее к груди.

В первую очередь это относится к физике. Существует современная физика и классическая физика. Причем граница между ними проведена очень точно: все, что было до 1900 года, относится к классической физике, то, что было после, — к современной.

На первый взгляд такое деление выглядит весьма спорным. Напрашивается вывод, что дело лишь в необъективности наших современников, живущих в XX веке. Однако при более детальном рассмотрении выясняется, что такое деление имеет полное право на существование, оно вполне объяснимо и очень точно. Именно в 1900 году увидели свет основные труды по теоретической физике. После этого ничего подобного уже не было.

Теперь вы, наверно, уже догадались, о чем я собираюсь говорить.

Все началось с немецкого физика Густава Роберта Кирхгофа, который совместно с Робертом Вильгельмом Бунзеном (изобретателем газовой горелки Бунзена) в 1859 году заложил основы спектрального анализа. Кирхгоф открыл, что каждый элемент, раскаленный добела, излучает свет определенных частот, а пары этого элемен-

та, подвергнутые радиационному облучению из более горячего источника, поглощают свет именно тех частот, которые он излучал ранее. Коротче говоря, материал поглощает именно те частоты, которые при других условиях излучает; и излучает те частоты, которые при других условиях поглощает.

Но давайте представим некое тело, которое будет поглощать излучение всех частот, попадающих на него, причем поглощать полностью. Тогда оно ничего не будет отражать, то есть окажется абсолютно черным. Кирхгоф доказал, что абсолютно черное тело, будучи раскаленным, будет испускать излучение всех частот. Такое излучение полного спектра частот называется излучением абсолютно черного тела.

Конечно, абсолютно черных тел в природе не существует. Но в 1890 году немецкий физик Вильгельм Вин поставил довольно интересные опыты, как раз связанные с этим. Представьте, что у вас есть замкнутая полость с маленьким отверстием в непрозрачной стенке. Любое излучение, проходящее извне через отверстие, либо поглощается расположенной напротив него стенкой, либо отражается. Отраженное излучение попадает на другую стенку и опять частично поглощается. Отраженная его часть опять падает на другую стенку и т. д. Фактически излучение, попавшее внутрь сквозь отверстие, после многократного отражения больше не находит путь наружу. Получается, что отверстие поглотило излучение и, применяя ту же терминологию, ничего не отразило. Иначе говоря, мы имеем дело с абсолютно черным телом. Если полость нагреть, излучение, идущее из отверстия, должно быть излучением абсолютно черного тела и,

если следовать логике Кирхгофа, содержать все частоты.

Вин приступил к изучению характеристик излучения этого черного тела. Он обнаружил, что при любой температуре присутствует широкий разброс частот, но он не является равномерным и имеет явно выраженный максимум в середине. Некая промежуточная частота испускается в большей степени, чем все остальные, более высокие или низкие. Более того, с ростом температуры максимум сдвигается в направлении более высоких частот. Если температура удваивается, частота в точке максимума тоже удваивается.

Возникает вполне закономерный вопрос: почему излучение черного тела распределяется таким образом?

Для начала давайте рассмотрим инфракрасный свет, видимый свет и ультрафиолетовый свет. Диапазон частот инфракрасного света от 100 миллиардов (100 000 000 000) до 400 триллионов (400 000 000 000 000) волн в секунду. Чтобы количество нулей не сбивало с толку, разделим приведенные выше числа на 100 миллиардов и будем считать частоты не в волнах в секунду, а «пакетами» по 100 миллиардов волн в секунду каждый. В этом случае диапазон частот инфракрасного света будет от 1 до 4000.

Аналогично получим диапазон частот для видимого света от 4000 до 8000, а для ультрафиолетового света от 8000 до 300 000.

Теперь можно предположить, что если черное тело поглощает все излучение с одинаковой легкостью, то и отдаст его одинаково легко. Какова бы ни была его температура, его энергия может излучаться на любой частоте, а конкретный выбор частот является случайным.

А теперь представьте, что вам предстоит выбрать числа, любые случайные числа в диапазоне от 1 до 300 000. Если вы будете многократно повторять этот процесс, 1,3% ваших чисел будет меньше 4000, еще 1,3% попадут в диапазон между 4000 и 8000, а 97,4% — между 8000 и 300 000.

Это все равно что сказать: черное тело будет излучать 1,3% своей энергии в инфракрасном диапазоне, 1,3% — на частотах видимого света и 97,4% — в ультрафиолетовом диапазоне. При увеличении температуры, а значит, и увеличении количества энергии оно должно испускать больше энергии в каждом диапазоне, но их соотношения останутся неизменными.

Это так, если мы ограничиваемся ультрафиолетовыми частотами, считая их самыми высокими. Если же мы вспомним о существовании рентгеновского излучения, окажется, что при любой температуре почти все изменения будут происходить в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазоне.

Английский физик лорд Рэлей (1842—1919) вывел формулу, доказывающую это. При увеличении теплового излучения черного тела возрастает и частота. Но на практике происходит следующее: после достижения пика частоты на более высоких частотах количество излучения снова снижается. Формула Рэля была достаточно интересна, но в полной мере не отражала реальность.

Физики называли формулу Рэля уравнением «ультрафиолетовой катастрофы»: согласно этой формуле, каждое тело, обладающее тепловой энергией для излучения, должно излучать ее практически полностью в ультрафиолетовом спектре и выше.

Но на практике ультрафиолетовой катастрофы не происходит. Излучающее тело концентрирует свою радиацию на низких частотах. При температурах ниже $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ оно излучает главным образом в инфракрасном диапазоне, а при увеличении температуры до $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура солнечной поверхности) — в диапазоне видимого света.

Формула Рэлея была создана в полном соответствии с основополагающими принципами физической науки того времени. Его работа явилась достойным венцом того, что мы теперь называем классической физикой.

Вин вывел формулу, описывающую распределение частот излучения черного тела в диапазоне высоких частот, но не сумел объяснить, почему она работает при высоких частотах и оказывается неверной при низких.

Да, в конце XIX века настроение физиков было окрашено в черный цвет.

Но в 1899 году на небосклоне физики возшла новая яркая звезда. Речь идет о немецком ученом Максе Карле Эрнсте Людвиге Планке. Он заявил следующее.

Если изящные формулы, выведенные путем безукоризненно логичных доказательств на основе общепринятых основополагающих физических теорий, описывают совсем не то, что мы наблюдаем на практике, значит, либо доказательства не безукоризненно логичны, либо основополагающие теории ошибочны, либо не верно и то и другое.

Другими словами, если с доказательствами все в порядке, следует пересмотреть основу, на которой они строились.

В то время физики утверждали, что излучение черного тела идет с равной вероятностью на всех частотах. Планк предположил, что все обстоит как раз наоборот. Поскольку гипотеза о равной вероятности предполагает, что должно излучаться больше света высоких частот, в то время как на практике наблюдается обратное, Планк решил, что вероятность должна уменьшаться с ростом частоты.

В этом случае мы будем иметь два эффекта. Первый — это тенденция к случайности, благоприятствующая высоким частотам. Тогда излучение возрастет с ростом частоты. Второй — это новый эффект Планка, выраженный в уменьшении вероятности излучения при росте частоты. Последний будет благоприятствовать низким частотам и уменьшению излучения с ростом частоты.

В низкочастотном диапазоне первый эффект явится доминирующим, а в высокочастотном диапазоне — второй. Поэтому при излучении черного тела с ростом частоты количество излучения сначала возрастает, достигает максимума, а затем уменьшается — именно такая картина наблюдается на практике.

А что же происходит при росте температуры? Первый эффект не может быть изменен — случайность есть случайность. Но если предположить, что с ростом температуры вероятность испускания высокочастотного излучения возрастает? Тогда второй эффект при увеличении температуры будет значительно ослаблен. Излучение будет продолжать увеличиваться с возрастающей частотой до тех пор, пока не окажется во власти второго эффекта, пусть и ослабленного. Следовательно, пик излучения будет дви-

гаться в сторону высоких частот — в точности так, как предсказал Вии.

На этой основе Планк вывел формулу, очень точно описывающую излучение черного тела как в высокочастотной, так и в низкочастотной части спектра.

Между прочим, легко говорить, что при увеличении частоты ниже вероятность излучения, но почему так? Физика того времени этот факт не объясняла. Пришлось за дело взяться Планку.

Он предположил, что энергия излучается не непрерывно (это утверждение являлось одной из основ классической физики), а отдельными порциями. А если существуют некие «атомы энергии», увеличивающиеся в размерах с ростом частоты? И свет определенной частоты не может излучаться, пока не будет собрано достаточно энергии, чтобы построить «атом энергии» такого размера, который необходим для данной частоты?

Чем выше частота, тем больше «атом энергии» и меньше вероятность ее накопления в определенный промежуток времени. Большая часть энергии будет потеряна при излучении на низких частотах, где «атом энергии» меньше, и ее легче накопить. По этой причине тело, нагретое до температуры 400 °С, будет излучать тепло только в инфракрасном диапазоне. «Атомов энергии» видимого света образуется настолько мало, что видимого свечения не будет.

С ростом температуры увеличится энергия, а также вероятность накопления достаточного ее количества для появления высокочастотных «атомов энергии». При 6000 °С основное излучение будет идти «атомами энергии» видимой

части спектра, но еще более крупных «атомов энергии» ультрафиолетовой части спектра будет образовываться мало.

Но каков размер «атома энергии»? Сколько энергии он заключает в себе? Так как «сколько» являлось ключевым вопросом, Планк с восхиительной прямоотой назвал «атом энергии» *квантом*, что на латыни означает именно «сколько».

В формуле Планка, определяющей распределение излучения черного тела, размер кванта должен быть прямо пропорционален частоте излучения. Чтобы выразить это математически, давайте обозначим размер кванта, или количество заключенной в нем энергии, символом e (энергия). Частота излучения всегда обозначается физиками греческой буквой «ню» ν .

Если энергия e пропорциональна частоте ν , тогда e равно ν , умноженной на некую постоянную величину. Эта величина получила название *постоянная Планка* и обычно обозначается буквой h . Формула, определяющая размер кванта для определенной частоты излучения, имеет вид:

$$e = h\nu \quad (\text{формула 1}).$$

Эта формула была представлена миру в 1900 году — на грани, отделившей классическую физику от современной. В классической физике поток энергии считался непрерывным, в современной физике он представляется в виде набора квантов. Иными словами, в классической физике величина h считалась равной 0; в современной физике она имела величину отличную от 0.

Это все равно что перестать рассматривать процесс движения как плавное скольжение и начать считать его серией отдельных шагов.

Путаницы не будет, если шаги будут большими, внушительными. В таком случае движение шагом и скольжение никак не спутаешь. Но как быть, если некто семенит крошечными, микроскопическими шажками, каждый из которых производится за ничтожную долю секунды. Беглым взглядом такое движение от скольжения никак не отличишь. Только при самом тщательном наблюдении можно обнаружить, что голова идущего слегка покачивается при каждом шаге. Чем короче шаги, тем сложнее отличить их от скольжения.

Так и в физике. Все зависит от размера отдельных квантов и от того, насколько «зернистой» является энергия. Размеры квантов зависят от величины постоянной Планка. Давайте рассмотрим, что она собой представляет.

Из формулы 1 получается:

$$h = e/v \quad (\text{формула 2}).$$

Энергию часто измеряют в эргах (см. главу 13), частоту — в единицах в секунду (1/сек).

Если эрг разделить на 1/сек, получится эрг-сек — единица измерения постоянной Планка. Единица, получаемая в результате умножения энергии на время, называется физиками единицей воздействия. То есть постоянная Планка выражается единицами воздействия.

Абсолютно все во Вселенной зависит от величины единицы воздействия. Так Планк обнаружил *ту самую* единицу. (Насколько я знаю, многие ученые были заняты поисками такой единицы, но зачем? Ведь Планк уже ее нашел.)

мощи бесчисленного количества шажков. Но они такие маленькие, что все движение неотличимо от непрерывного скольжения.

Когда Планк в 1900 году впервые представил общественности свою квантовую теорию, она почти не вызвала к себе интереса. Квант был воспринят как понятие придуманное, так сказать, возникшее из воздуха. Даже сам Планк пребывал в сомнении, но не по поводу формулы, описывающей излучение черного тела, которая отлично работала. Он сомневался в своем детище — кванте, эту формулу объяснявшем.

А затем наступил 1905 год, и 26-летний физик-теоретик Альберт Эйнштейн опубликовал сразу пять научных работ, каждой из которых было достаточно, чтобы завоевать ему славу звезды первой величины на небосводе физической науки.

В двух работах он разработал теоретические основы «броуновского движения» и случайно создал механизм определения действительных размеров атомов.

Третья работа была посвящена «фотоэлектрическому эффекту». В ней было ясно показано, что, хотя классическая физика не в состоянии его объяснить, с этим делом прекрасно справляется квантовая теория Планка.

Последнее вызвало откровенное недоумение в среде физиков. Планк ввел понятие кванта исключительно для того, чтобы описать излучение абсолютно черного тела, а оказалось, что его теория заодно объясняет и фотоэлектрический эффект, то есть нечто совершенно другое! А раз кванты оказались уместны в двух различных об-

ластях, вполне вероятно, что они действительно существуют.

(Четвертая и пятая работы Эйнштейна предлагали новый взгляд на Вселенную, который мы теперь называем «Специальной теорией относительности». Именно в них он впервые привел формулу $e = mc^2$. См. главу 13.)

Работы по относительности были продолжены, и в 1915 году появилась общая теория относительности, благодаря которой имя Эйнштейна известно далеко за пределами мира физики. Забавно, но Нобелевской премии (которую ученый получил в 1921 году) он был удостоен не за теорию относительности, а за работы по фотоэлектрическому эффекту.

Величина h настолько мала, что в повседневной жизни мы вполне можем ею пренебречь. В масштабных событиях, происходящих ежедневно, потоки энергии могут считаться непрерывными. В первом приближении.

Однако, если мы имеем дело с небольшими изменениями энергии, квантовые шаги, посредством которых эти изменения происходят, становятся больше. Так, лестница, состоящая из ступенек высотой 1 мм и глубиной 3 мм, для человека ростом 6 футов покажется просто шероховатой наклонной плоскостью. А если человек имеет рост муравья, каждая из этих ступенек станет для него серьезным препятствием, на преодоление которого потребуется затратить изрядное усилие. А для человека, уменьшившегося до размеров бактерии, они станут непреодолимыми горами.

Точно так же, когда мы пытаемся проникнуть во внутренний мир атома, квантовые ступеньки

становятся гигантскими. Об атомной физике невозможно говорить в терминах физики классической. Даже в первом приближении.

Первым ученым, осознавшим это, был датский физик Нильс Бор. В 1913 году Бор доказал, что, если электрон поглощает энергию, он должен поглотить сразу целый квант, причем для электрона квант — это много. Поэтому после этого он резко меняет свое отношение к остальной части атома.

Бор изобразил электрон вращающимся вокруг атомного ядра по фиксированной орбите. Поглотив квант энергии, он неожиданно оказывается на орбите, расположенной дальше от ядра, причем это перемещение рядовое, без промежуточных этапов.

Поскольку, по Бору, электрон мог двигаться только по определенным орбитам, атом мог поглотить только кванты определенного размера, достаточно большие, чтобы электрон переместился с одной допустимой орбиты на другую. Если же электроны перемещаются в обратном направлении, они излучают энергию квантами. Причем частота излучения определяется размером кванта, который испускается при переходе электрона с одной орбиты на другую.

Так получила разумное объяснение наука спектроскопия. Люди начали понимать, почему каждый элемент (состоящий из атомов одного типа, имеющих один тип энергетических взаимоотношений между электронами этого атома) испускает излучение только определенных частот, будучи раскаленным. Они также поняли, почему вещество, способное поглощать излучение определенных частот, может также испускать излучение тех же частот при других условиях.

Короче говоря, Кирхгоф затронул проблему, но его эмпирические выводы получили теоретическое объяснение много позже.

Первая модель атома, предложенная Бором, была очень простой. Но он не прекращал своих исследований, которые позже были продолжены его последователями, и постепенно представление об атоме менялось, модель также становилась более сложной. Появилась возможность точнее объяснить данные, полученные опытным путем. В 1926 году австриец Эрвин Шрёдингер создал математический аппарат, способный описать движение частиц внутри атома на основе квантовой теории. Его работа получила название квантовой механики, в противоположность существовавшей классической механике, основанной на трех законах Ньютона. Именно квантовая механика является основой современной физики.

Глава 15

ПРИВЕТСТВУЮ ТЕБЯ, НЕЗНАКОМЕЦ

В науке, как и везде, существует мода. Проведите необыкновенно успешный эксперимент, и у вас появится дюжина подражателей раньше, чем вы успеете об этом подумать.

Взять хотя бы химический элемент ксенон, открытый в 1898 году Уильямом Рамзесом и Моррисом Уильямом Траверсом. Как и другие элементы этой группы, он был изолирован от жидкого воздуха. О присутствии этих элементов в воздухе никто не подозревал на протяжении века, в течение которого велось активное исследование химического состава воздуха. Исследователи были немало удивлены, обнаружив

странного незнакомца. Кстати, название *ксенон* произошло от греческого слова *странный, не знакомый*.

Ксенон принадлежит к группе элементов, называемых инертными газами (по причине их химической инертности). Их также называют редкими газами (они редко встречаются) или благородными газами (обособленное положение, которое они занимают по причине своей химической инертности, может показаться признаком особой значительности).

Ксенон — самый редкий из стабильных инертных газов и самый редкий из всех устойчивых химических элементов на Земле. Ксенон встречается только в атмосфере, где составляет 5,3 весовых единиц на миллион. Наша атмосфера весит 5 500 000 000 000 000 (5,5 квадриллионов) тонн, — это означает, что запас ксенона на планете 30 000 000 000 (30 миллиардов) тонн. На первый взгляд это много, но выделить атомы ксенона из огромного количества остальных составляющих частей атмосферы — весьма сложная задача. Поэтому ксенон не является обычным элементом и никогда таким не станет.

Да и в химических лабораториях ксенон вообще не популярен. Его химические и физические свойства были определены, но что с ними делать дальше? Уже будучи открытым, ксенон долгое время оставался чужаком в семье химических элементов.

Но затем в 1962 году было объявлено о проведении необычного эксперимента с участием ксенона. И с тех пор ни один из номеров специальных химических журналов не обходится без статей о ксеноне.

Что же произошло?

Вы ждете быстрого и краткого ответа? Тогда вы плохо меня знаете. Я, как всегда, выберу свой любимый кружной путь и начну с того, что ксенон является газом.

Стать газом — это дело случая. Ни одно вещество не является газом от природы, просто иногда это диктуется температурными условиями. На Венере вода и аммиак — газы. На Земле аммиак — газ, а вода — жидкость. На Титане ни одно из этих веществ газом не является.

Далее мне потребуется некий критерий, который поможет в дальнейших рассуждениях. Пусть, например, любое вещество, остающееся в газообразном состоянии при $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-148\text{ }^{\circ}\text{F}$), является Газом (с прописной буквы). Такая температура никогда не достигается на Земле даже в Антарктике, славящейся своими зверскими зимами, поэтому Газов на Земле нет, только газообразные состояния отдельных веществ (или полученных в химических лабораториях).

Тогда почему Газ — это Газ?

Для начала скажу, что любое вещество состоит из атомов или групп атомов, называемых молекулами. Между атомами или молекулами действуют силы притяжения, удерживающие их рядом. Тепло сообщает этим атомам или молекулам определенную кинетическую энергию, которая стремится оторвать их друг от друга, потому что каждый атом и молекула знают, куда им хотелось бы отправиться. (Поймите меня правильно, я вовсе не хочу сказать, что атомы знают, что делают, то есть обладают сознанием.

Просто это мой телеологический¹ способ ведения беседы. И пусть телеология запрещена для использования в научных статьях, но... сладок именно запретный плод.)

Силы притяжения между определенными атомами или молекулами обычно постоянны, однако кинетическая энергия изменяется с изменением температуры. Поэтому, если температура поднимется достаточно высоко, любая группа атомов или молекул разлетится по сторонам и вещество станет газом. При температуре выше 6000 °С все известные вещества становятся газами.

Конечно, существует очень немного веществ, межатомные или межмолекулярные силы в которых настолько велики, что для их преодоления необходим нагрев до 6000 °С. У многих веществ они, напротив, настолько слабы, что тепло обычного солнечного дня сообщает достаточно энергии для перехода в газообразное состояние. Пример — обычный медицинский анестетик.

У других веществ силы межмолекулярного притяжения еще слабее, и для их поддержания в газообразном состоянии вполне достаточно тепла при температуре -100 °С. Они являются Газами, о которых я веду речь.

Межмолекулярные или межатомные силы возникают из-за распределения электронов в атомах или молекулах. Электроны распределены среди различных электронных оболочек, согласно системе, в подробности которой я вдавать-

¹ Телеология — философское учение, приписывающее процессам или явлениям природы цели (целесообразность или способность к целенаправлению), которые установлены Богом или являются внутренними причинами природы. (Примеч. пер.)

ся не буду. Например, атом алюминия содержит 13 электронов, распределенных следующим образом: 2 — во внутренней оболочке, 8 — в следующей, 3 — в наружной. Таким образом, распределение электронов в атоме алюминия можно обозначить следующим образом: 2,8,3. Внутренняя оболочка может содержать только 2 электрона, следующая — 8 электронов, а каждая из последующих может содержать больше 8 электронов. Если не считать ситуации, когда только внутренняя оболочка содержит электроны, у атомов в стабильном состоянии в наружной оболочке 8 электронов.

Известно шесть элементов, находящихся в состоянии максимальной стабильности.

Элемент	Символ	Распределение электронов	Всего электронов
Гелий	He	2	2
Неон	Ne	2,8	10
Аргон	Ar	2,8,8	18
Криптон	Kr	2,8,18,8	36
Ксенон	Xe	2,8,18,18,8	54
Радон	Rn	2,8,18,32,18,8	86

Другие атомы, где электроны распределены не так удачно, вынуждены пытаться достичь этого, захватывая дополнительные электроны или освобождаясь от имеющихся. В процессе этого они подвергаются химическим превращениям. Однако атомы шести перечисленных выше химических элементов не нуждаются в подобных ухищрениях. Они вполне самостоятельны. У них нет необходимости в перемещении электронов, поэтому они не принимают участия в химических реакциях и являются инертными.

(По крайней мере, именно это я заявил бы до 1962 года.)

Атомы семейства инертных газов являются настолько самодостаточными, что эти атомы даже игнорируют друг друга. Между ними существует очень слабое притяжение, и эти вещества остаются газами при комнатной температуре. Все, кроме радона, являются Газами.

Какое-то притяжение между атомами, конечно, существует (в природе нет атомов или молекул, между которыми притяжение отсутствует вообще). Если некоторое время понижать температуру, наступит момент, когда силы притяжения возобладают над разрушительным действием кинетической энергии, и инертные газы станут инертными жидкостями.

А как обстоят дела с другими элементами? Как я уже говорил, в их атомах электроны распределены так, что обеспечивают устойчивость ниже максимальной. Каждый обладает тенденцией к перераспределению электронов в сторону увеличения устойчивости. Например, в атоме натрия Na электроны распределены следующим образом: 2,8,1. Избавившись от электрона во внешней оболочке, он приобрел бы устойчивое распределение 2,8, как у атома неона Ne. Атом хлора Cl имеет распределение 2,8,7. Если бы он смог приобрести один электрон во внешнюю оболочку, получился бы вполне устойчивый атом 2,8,8 — такое распределение электронов у инертного аргона.

Следовательно, если атом натрия встретится с атомом хлора, перенос электрона из одного атома в другой устроит обоих. Однако потеря от-

рицательно заряженного электрона оставляет атом натрия с дефицитом отрицательного заряда, что создает избыток положительного заряда. Атом превращается в положительно заряженный ион (Na^+). Атом хлора, получивший дополнительный электрон, приобрел избыточный отрицательный заряд и стал отрицательно заряженным ионом (Cl^-).

Разноименные заряды притягиваются, поэтому ионы с разными зарядами окажутся притянутыми друг к другу. Сильное притяжение не может быть преодолено кинетической энергией, которой обладают атомы при комнатной температуре, поэтому ионы держатся друг за друга достаточно крепко, чтобы образовавшееся вещество NaCl — обычная поваренная соль — было твердым. Оно не переходит в газообразное состояние до достижения температуры 1413°C .

Теперь рассмотрим атом углерода. Распределение электронов — 2,4. При потере 4 электронов он мог бы приобрести устойчивую конфигурацию 2, как в атоме гелия. При приобретении 4 электронов конфигурация стала бы 2,8, как в атоме неона, тоже устойчивая. Приобрести или избавиться от такого количества электронов сразу весьма непросто, поэтому атом углерода предпочитает понемногу делиться своими электронами. Он может выделить один электрон в совместное пользование своему соседу, который также отдаст для этой цели один электрон. В результате у двух соседних атомов углерода два электрона будут общими. Другой электрон можно выделить для совместного владения с другим соседом и т. д. Поэтому каждый атом углерода обычно окружен четырьмя другими.

Эти электроны совместного пользования помещаются во внешней оболочке каждого атома углерода, внесшего свою долю. Каждый атом углерода имеет во внешней оболочке четыре собственных электрона и четыре заимствованных от соседей (по одному от каждого). Таким образом, каждый атом углерода имеет конфигурацию неона 2,8, являющуюся устойчивой, но только оставаясь очень близко к соседям. Результатом является сильное межатомное притяжение даже без участия разноименных электрических зарядов. Углерод — твердое вещество и переходит в газообразное состояние только при нагревании выше 4200 °С.

Атомы металлов также очень плотно прилегают друг к другу (по аналогичным причинам), и, к примеру, вольфрам переходит в газообразное состояние только при достижении температуры 5900 °С.

Таким образом, мы вряд ли можем ожидать появление Газа, если атомы достигают устойчивости, передавая друг другу электроны и получая электрический заряд или делясь электронами с соседями, в результате чего атомы «склеиваются» друг с другом.

Нам необходимо нечто среднее — ситуация, когда атомы приобретают устойчивость, делясь электронами (чтобы не возникало электрических зарядов), но при этом общее количество атомов, вовлеченных в этот процесс, было бы небольшим, чтобы в результате образовывались только очень маленькие молекулы. Внутри молекул силы притяжения могут быть весьма значительными, в результате чего молекулы будут распадаться только при очень высоких температурах. А вот силы притяжения между молекулами будут слабыми.

Давайте рассмотрим атом водорода. Он имеет только один электрон. Два атома водорода объединяются вместе и пользуются ими совместно. Пока они остаются вместе, каждый может считать два электрона находящимися в своей внешней оболочке и будет иметь стабильную конфигурацию атома гелия. У них больше нет в запасе электронов, чтобы отдавать в совместное пользование с другими соседями. Поэтому образование молекулы на этом завершится. Молекула водорода состоит только из двух атомов (H_2).

Сила притяжения между атомами в молекуле велика, поэтому, чтобы разбить ее на атомы, понадобится температура более $2000^\circ C$. Но между отдельными молекулами, каждая из которых после объединения двух атомов стала вполне самостоятельной, существует лишь слабое притяжение. Поэтому водород — Газ, но состоящий не из отдельных атомов (как в случае с инертными газами), а из двухатомных молекул.

Подобное происходит и с фтором (распределение электронов 2,7), кислородом (2,6), азотом (2,5). Атом фтора может отдать электрон и образовать фонд совместного пользования из двух электронов с соседним атомом фтора, который также поделится электроном. Два атома кислорода могут внести вклад из двух электронов каждый и образовать совместный фонд из четырех электронов, а два атома азота могут отдать каждый по три электрона и совместно пользоваться шестью электронами.

Во всех случаях атомы достигнут распределения электронов 2,8 (как у атома неона) — ценой образования молекул. В итоге достигается

достаточная устойчивость; F_2 , O_2 и N_2 являются Газами.

Атом кислорода может также образовывать совместный фонд из двух электронов с двумя соседями, которые также могут образовать такой же фонд из двух электронов между собой. Результатом явится комбинация трех атомов кислорода (O_3), каждый из которых имеет устойчивую конфигурацию неона. Комбинация O_3 называется озоном. Это тоже Газ.

Кислород, азот и фтор могут образовывать также смешанные молекулы. К примеру, комбинация атомов азота и кислорода даст необходимую стабильность для каждого из них. Атом азота также может делиться электронами с каждым из трех атомов фтора, а атом кислорода — с двумя. В результате получается NO , NF_3 и OF_2 . Все они являются Газами.

Атомы, сами по себе не образующие Газы, могут сделать это в комбинации с водородом, кислородом, фтором или азотом. К примеру, два атома хлора (распределение электронов 2,8,7), объединяясь в молекулу, пользуются двумя электронами совместно, и оба приобретают конфигурацию аргона 2,8,8. Cl_2 — это газ даже при компактной температуре, однако межмолекулярное притяжение в нем достаточно велико и не дает ему стать Газом. Однако, если атом хлора поделится электроном с атомом фтора, получится фторид хлора (ClF), являющийся Газом.

Атом бора (2,3) может образовывать совместный фонд из двух электронов с каждым из трех атомов фтора, а атом углерода — с каждым из четырех атомов фтора. Получившиеся в результате соединения — BF_3 и CF_4 — Газы.

Атом углерода может вступить в совместное пользование двумя электронами с каждым из четырех атомов водорода или четырьмя электронами с атомом кислорода. Получившиеся в результате метан CH_4 и окись углерода CO — газы. Комбинация из двух атомов углерода (четырьмя электронами они владеют совместно) могут начать совместное пользование двумя электронами с каждым из четырех атомов водорода, атом кремния — соответственно двумя электронами с каждым из четырех атомов водорода. Получившиеся в результате этилен (C_2H_2) и силан (SiH_4) — Газы.

Всего я могу назвать 20 Газов, которые можно разделить следующим образом.

1) Пять элементов, состоящих из одиночных атомов: гелий, неон, аргон, криптон и ксенон.

2) Четыре элемента, состоящие из двухатомных молекул: кислород, азот, водород, фтор.

3) Один элемент, имеющий трехатомную молекулу, — озон.

4) Десять веществ, молекулы которых состоят из различных элементов, по крайней мере один из них входит в категорию 2.

В приведенной далее таблице перечислены 20 газов в порядке повышения точки кипения, а температура кипения дана как по шкале Цельсия, так и по шкале Кельвина.

Пять инертных газов разбросаны среди других Газов. Кстати, два из трех Газов, имеющих самую низкую точку кипения, — это гелий и неон. Аргон в списке идет седьмым, криптон — десятым, а ксенон — семнадцатым. Поэтому, наверное, не стоило бы удивляться, если бы все Газы были также инертными.

ДВАДЦАТЬ ГАЗОВ

Вещество	Формула	Точка кипения	
		(С°)	(К°)
Гелий	He	-268,9	4,2
Кислород	H ₂	-252,8	20,3
Неон	Ne	-245,9	27,2
Азот	N ₂	-195,8	77,3
Одноокись углерода	CO	-192	81
Фтор	F ₂	-188	85
Аргон	Ar	-185,7	87,4
Кислород	O ₂	-181,0	90,1
Метан	CH ₄	-165,1	111,6
Криптон	Kr	-152,9	120,2
Окись азота	NO	-151,8	121,3
Дифторид кислорода	OF ₂	-144,8	128,3
Тетрафторид углерода	CF ₄	-128	145
Трифторид азота	NF ₃	-120	153
Озон	O ₃	-111,9	161,2
Силан	SiH ₄	-111,8	161,3
Ксенон	Xe	-107,1	166,0
Этилен	C ₂ H ₄	-103,9	169,2
Трифторид бора	BF ₃	-101	172
Фторид хлора	ClF	-100,8	172,3

Вероятно, так бы и было, если бы образующие их молекулы обладали устойчивостью, не распадались на атомы. Но дело в том, что все молекулы при определенных условиях могут распадаться на атомы, а свободные атомы (особенно фтора и кислорода) обладают высокой активностью.

В Газах это не проявляется. Что будет, если молекула фтора распадется на два атома фтора? Они окажутся в окружении одинаковых двухатомных молекул фтора, и единственным возможным результатом будет повторное воссоеди-

нение атомов в молекулу. Если же в составе газа присутствуют и другие молекулы, возможно образование другой молекулярной комбинации, обладающей большей устойчивостью, чем F_2 , то есть химическая реакция.

Молекула фтора действительно имеет тенденцию к распаду даже при обычных температурах, и этого достаточно. Свободные атомы фтора будут атаковать все вокруг, что фтором не является, в результате химической реакции повысится температура, что вызовет еще более интенсивное расщепление молекул фтора и т. д. Таким образом, молекулы фтора обладают высокой химической активностью, им мало в чем уступают фторид хлора и озон. Эти вещества самые активные из всех Газов.

Молекулы кислорода расщепляются тяжелее и остаются невредимыми (и инертными) в условиях, когда фтор уже проявляет активность. Вы можете возразить, что кислород является очень активным элементом, однако это верно лишь при высоких температурах, где на разрыв молекул можно потратить больше энергии. К тому же не забывайте, что мы живем в море свободного кислорода без вреда для себя. Неживые вещества — такие, как бумага, дерево, уголь или керосин, считающиеся очень горючими, — могут неопределенно долго купаться в кислороде, причем химическая реакция так и не начнется. Для ее начала существует одно неизменное условие — повышение температуры.

При нагреве кислород становится активным, легко вступает во взаимодействие с другими Газами: водородом, окисью углерода и метаном.

Молекулы азота разрываются еще труднее. До открытия группы инертных газов азот

считался инертным (за исключением конкурентов). Он, а также тетрафторид углерода являются двумя Газами в списке (кроме группы инертных), сохраняющими большую степень инертности. Однако и их молекулы можно разрушить.

Жизнь зависит от того, что некая бактерия может расщепить молекулу азота. Человек, научившись делать то же самое в большем масштабе, создал важные технологические процессы. Когда молекула азота разрушается, отдельные атомы азота становятся активными и начинают вступать в химические реакции. Это один из самых распространенных элементов, чрезвычайно важный для существования живой материи.

В инертных газах все происходит по-другому. В них нет молекул, которые можно расщеплять. Мы имеем дело со стабильными атомами, и возникновение их комбинаций с другими атомами для достижения большей устойчивости представляется маловероятным. Первоначально делались безуспешные попытки заставить инертные газы вступать в химические реакции, после чего химики удовлетворились тем, что сумели объяснить этот факт с научной точки зрения.

По правде говоря, периодически попытки возобновлялись, но успеха все равно не принесли. Вплоть до 1962 года единственное, чего удалось добиться химикам, желающим связать атомы инертных газов с другими атомами, — это создать «решетчатые» структуры. В них составляющие молекулу атомы образуют ряд «клеток»,

в которой иногда в процессе формирования «клеток» может попасть посторонний атом, даже атом инертного газа. Тогда инертный газ оказывается частью молекулы и не может освободиться, пока не разрушена молекула. Однако такое объединение оказывается чисто физическим. Химические связи при этом не образуются.

Давайте продолжим рассуждения. Точка кипения гелия — это $4,2^{\circ}\text{К}$, неона — $27,2^{\circ}\text{К}$, аргона — $87,4^{\circ}\text{К}$, криптона — $120,2^{\circ}\text{К}$, ксенона — $160,8^{\circ}\text{К}$. Точка кипения радона — шестого и последнего из группы инертных газов, имеющего самый массивный атом, — 213°К ($-61,8^{\circ}\text{C}$). Радон даже не является Газом. Он только газ.

Далее: с ростом массы атома инертного газа уменьшается его ионизационный потенциал (величина, определяющая легкость, с которой электрон может быть оторван от атома). Одновременное повышение точки кипения и уменьшение ионизационного потенциала означает, что инертный газ становится менее инертным с ростом атомной массы.

Тогда получается, что радон должен быть наименее инертным из группы инертных газов, а значит, существует вероятность заставить его вступить в химическую реакцию. Во всяком случае, эта вероятность выше, чем с остальными инертными газами. Однако радон является радиоактивным элементом с периодом полураспада, равным менее 4 суток. Поэтому он встречается очень редко, и с ним можно работать только в специальных условиях. Следующий, наиболее близкий к нему по свойствам элемент — ксенон. Он также встречается крайне редко, но по крайней мере является доступным и стабильным.

Но если можно ожидать, что ксенон вступит в химическую реакцию, то с какими имеем атомами? Было бы естественно предположить, что для этого следует выбрать наиболее химически активный элемент — фтор или фторсодержащие вещества. Если ксенон не вступит в реакцию с ними, он не станет реагировать ни с чем.

(Вам может показаться, что я чрезвычайно много знаю об этом вопросе, но это действительно так. Правда, я не явился первооткрывателем. Задолго до меня, в 1932 году, соответствующие обоснования выполнил Лайнус Полинг. Кроме того, я слышал, что джентльмен по имени А. фон Антропофф сделал то же самое в 1924 году.)

В 1962 году Нил Бартлетт и его коллеги, работавшие в университете Британской Колумбии, проводили опыты с очень необычным веществом — гексафторидом платины (PtF_6). Оказалось, что это вещество обладает чрезвычайно высокой химической активностью. Химики решили посмотреть, не сможет ли оно вступить в химическую реакцию с инертным газом.

Бартлетт смешал пары PtF_6 и, к своему немалому изумлению, получил некое соединение. Судя по всему, оно имело формулу XePtF_6 . Объявленные результаты эксперимента были встречены научной общественностью с некоторым сомнением. Гексафторид платины был слишком сложным соединением, чтобы предположить формирование решетчатой молекулы, в которую попали атомы ксенона.

Группа химиков Аргоннской национальной лаборатории в Чикаго решили продолжить эксперименты с ксеноном и фтором. Они производили нагрев одной части ксенона с пятью частями фтора до 400°C под давлением в никелевом контей-

нере. В результате был получен тетрафторид ксенона (XeF_4) — соединение инертного газа без возможности образования решетчатой молекулы. (Конечно, подобный эксперимент мог быть выполнен значительно раньше, но вряд ли стоит удивляться, что это не было сделано. Чистый ксенон очень сложно получить, а с чистым фтором очень опасно иметь дело. Химики, являясь людьми разумными, не желали идти на расходы и риск ради призрачного шанса получить соединение инертного газа. Лишь когда после опытов Бартлетта шанс ощутимо увеличился, дорогостоящий эксперимент был проведен и увенчался успехом.)

Результаты работы аргонских ученых произвели настоящий фурор. Химики словно сорвались с цепи. Казалось, что все химики-неорганики мира решили участвовать в экспериментах с инертными газами. Из лабораторий, расположенных в разных концах планеты, стали поступать сообщения о получении соединений ксенона: Кроме XeF_4 , были также получены XeF_2 , XeF_6 , XeOF_2 , XeOF_3 , XeOF_4 , XeO_3 , H_4XeO_4 , H_4XeO_6 .

Удалось даже собрать достаточное количество радона, чтобы получить тетрафторид радона (RnF_4). Даже более инертный, чем ксенон, криптон позволил себя приручить. Были получены соединения KrF_2 и KrF_4 .

Оставшиеся инертные газы — аргон, неон и гелий — до сих пор остаются неподдающимися. Это последние из «старых холостяков», но химики не оставляют надежды лишить их этой привилегии.

Будучи немолодым, осторожным и женатым человеком, я на это могу сказать только одно: без комментариев.

Глава 16

ТЕ, КТО ВСЕГДА ПОТОРАПЛИВАЮТ

В одной из моих первых научно-популярных статей, предназначенных для широкого круга читателей (как давно это было, кажется, в далеком Средневековье), упоминалось о «ловких волшебниках-катализаторах».

Дочитав до этой фразы, мой редактор замер, причем вовсе не от восхищения (хотя, откровенно говоря, я ожидал именно этого — сравнение казалось мне необыкновенно удачным). Но он обратил на меня суровый взгляд и непререкаемым тоном изрек: «В науке нет ничего волшебного. В ней могут быть загадки, тайны, иногда необъяснимые; но никакого волшебства!»

Думаю, вы поймете, как неприятно было мне получить урок — и от кого? — от редактора! Но тем не менее, урок был хорош, и я его запомнил.

Но каким образом можно описать работу катализаторов, не призывая на помощь волшебство? Проблема!

Одним из первых опытов, выполняемых начинающим химиком в лаборатории высшей школы, является получение кислорода путем нагрева хлорноватокислого калия (бертолетовой соли). Если бы нагреву подвергалась только бертолетова соль, кислород, конечно, выделялся бы, но медленно при сравнительно высоких температурах. Поэтому начинающий химик получает указание прежде всего добавить немного двуокиси марганца. Когда нагреву подвергается смесь, выделение кислорода идет быстро и при сравнительно низких температурах.

В чем же заключается роль двуокиси марганца? Это вещество не участвует в реакции и пос-

ле ее завершения остается в неизменном количестве. Но его присутствие ускоряет производство кислорода. Оно поторапливает реакцию, то есть является катализатором.

Но как можно объяснить этот эффект присутствия? Возможно, молекулы действуют на расстоянии? Или они осуществляют экстрасенсорное воздействие на бертолетову соль? Такого влияние ауры двуокиси марганца? Что это? Телекинез? Или нечто аналогичное? Короче, без волшебства тут не обошлось.

Что ж, давайте разберемся...

Я начну с самого начала (вы, конечно, заметили, что я всегда стараюсь так поступать) и первым делом скажу, что на протяжении веков химикам очень не хватало катализатора.

Алхимики древности искали методы превращения металлов в золото. Это им не удавалось, и потерпевшим очередную неудачу ученым казалось, что в проводимых ими реакциях чего-то не хватает. А ученые, обладавшие более богатым воображением, считали, что следует отыскать вещество для добавления в нагреваемую смесь (уж не знаю, из чего она состояла), которое заставит золото появиться. Небольшого количества такого вещества будет достаточно, чтобы получить много золота; после чего это вещество, вне всякого сомнения, можно будет использовать снова.

Это вещество никто никогда не видел, однако его описывали как нечто сухое, земное. Древние алхимики дали ему название *xerion* от греческого слова *сухой*.

В VIII веке алхимией вплотную занялись арабы и назвали этот золотопроизводящий ката-

лизатор *al-iksir* (*сухой* по-арабски). Когда в XIII веке арабская алхимия добралась до Европы, *al-iksir* стал эликсиром.

Чтобы убедить общественность, что это сухое твердое вещество, в Европе его называли «философский камень».

Удивительный эликсир обязан был обладать и другими замечательными свойствами, поэтому постепенно ему стали приписывать способность излечивать любые болезни и даже дарить бессмертие. И со временем алхимики начали говорить об «эликсире жизни».

Веками все, кому не лень, искали философский камень и/или эликсир жизни, но не находили. Когда же катализатор, наконец, был обнаружен, он способствовал образованию не приятно радующего глаз желтого металла, а едкой и чрезвычайно опасной серной кислоты. А вы не знали?

До 1740 года производство серной кислоты было процессом очень сложным, длительным и дорогостоящим. Теоретически все было просто. Сначала необходимо сжечь серу в кислороде и получить двуокись серы SO_2 , затем продолжить жечь уже двуокись серы и получить трехокись SO_3 . Осталось только растворить SO_3 в воде, и серная кислота H_2SO_4 готова. Загвоздка заключалась в том, чтобы заставить двуокись серы соединиться с кислородом. Этот процесс шел медленно и трудно.

В 40-х годах XVIII века английский изготовитель серной кислоты по имени Джошуа Уорд, по всей вероятности, заметил, что селитра (нитрат калия), хотя сама является веществом негорючим, заставляет углерод и серу гореть намного активнее. (В действительности углерод, соединяясь с

селитрой, образует порох.) Он начал добавлять селитру в горящую серу и обнаружил, что теперь может получать достаточное количество трехокси серы без особых проблем и изготавливать серную кислоту просто и дешево.

Самым удивительным было то, что после завершения реакции селитра оставалась в первоначальном количестве и не изменяла свои свойства. Уорд запатентовал свое изобретение, а стоимость производства серной кислоты резко упала и составила 5% от первоначальной.

Волшебство? Нет, пожалуй.

В 1806 году два французских химика, Шарль Бернар Дезорм и Никола Клеман, предложили объяснение этому процессу. Выдвинутый ими принцип просуществовал до наших дней.

Судя по всему, когда сера и селитра горят вместе, двуокись серы взаимодействует с частью молекул селитры и образует сложное соединение. Кислород переносится из «селитровой» части соединения к серной, после чего молекулы разрушаются и образуется уже трехокись серы.

То, что осталось (фрагменты селитры минус кислород), отбирают недостающий кислород из атмосферы. Восстановленные молекулы селитры готовы снова взаимодействовать со следующими молекулами двуокиси серы и снова передать им кислород. Таким образом, задача селитры заключается в передаче кислорода из воздуха двуокиси серы, причем как можно быстрее. Она является обычным посредником и не изменяется после завершения реакции.

Удивительным фактом является не то, что катализатор ускоряет протекание реакции, не подвергаясь при этом изменениям, а то, что в этом можно заподозрить нечто волшебное. Сталкива-

ясь с подобными явлениями в повседневной жизни, мы и мысли о волшебстве не допускаем.

Например, вообразите картину: наполовину построенная кирпичная стена, в пяти футах от нее располагается груда кирпичей и емкость с раствором. Если это все, то в промежутке времени между 9 часами утра и 5 часами вечера ничего не изменится (разве что высохнет раствор).

А теперь представьте, что ко всему перечисленному в 9 часов утра добавился еще один фактор — человек в спецовке, стоящий между стеной и кирпичами. В указанное время у него в руках ничего нет. В 5 часов вечера вы сможете увидеть человека стоящим на том же самом месте: в руках у него опять ничего нет, сам человек не изменился, но кирпичная стена теперь выстроена целиком. А груда кирпичей исчезла.

В данном случае человек выполнил роль катализатора. Реакция произошла только благодаря его присутствию, при этом он внешне не изменился.

У нас ведь и мыслей о волшебстве не возникает, не так ли? Если бы мы наблюдали за каменщиком весь день, то видели бы, как он берет кирпичи и кладет их на стену. То, что не является волшебством для каменщика, не волшебство и для селитры.

В XIX веке были открыты и другие аналогичные вещества. К примеру, в 1812 году русский химик Готлиб Сигизмунд Кирхгоф...

Здесь я немного отвлекусь, в очередной раз положившись на бесконечное терпение и неиссякаемое чувство юмора моих уважаемых читателей.

Вы, наверное, подумали, что, назвав Готлиба Сигизмунда Кирхгофа русским химиком, я совершил грубую ошибку. Совершенно очевидно, что никто с таким именем не может быть русским. Но это зависит от того, какой аспект национальности рассматривать — этнический или географический.

Я обязательно объясню, что имею в виду, но для этого давайте вернемся к началу XIII века. В это время территорию Курляндии и Ливонии, расположенных на юго-восточном побережье Балтийского моря (современные Латвия и Эстония), населяли последние язычники Европы. Это было время крестовых походов, и немцы, жившие поблизости, считали своим священным долгом истребить слабо вооруженных и неорганизованных варваров ради спасения их душ.

Ливонские рыцари в содружестве с присоединившимися к ним в 1237 году тевтонскими рыцарями к концу XIII века завоевали все балтийское побережье и установили там управление своих экспедиционных сил.

Тевтонские рыцари осуществляли управление только на протяжении двух веков, после чего были разбиты поляками в 1460 году. Шведы под предводительством Густава Адольфа одержали победу в 1620 году; а в 1720 году шведов потеснили русские, во главе которых стоял Петр Великий.

Однако независимо от политических течений, флагов и монархов, за здоровье которых провозглашали тосты законопослушные местные жители, эта земля принадлежала «балтийским баронам» (они же балты), которые были говорящими по-немецки потомками тевтонских рыцарей.

Петр Великий активно стремился ближе познакомиться с жизнью западных стран. Он по-

строил свою новую столицу Санкт-Петербург¹ рядом с границей Ливонии и отпоялся к балтам с большим уважением.

Такая же ситуация сохранилась в XVIII и XIX веках: в это время балты сохраняли большое влияние в Российской империи, совершенно непропорциональное их небольшой численности. Поэтому их влияние не могло не коснуться и русской науки.

Дело в том, что народное образование в России далеко отставало от западного. Сменявшие друг друга цари не видели никакого смысла в обучении широких народных масс. По-видимому, они инстинктивно понимали, что не слишком умное и погрязшее в коррупции правительство может спокойно себя чувствовать, только если население будет оставаться темным и необразованным.

Поэтому даже те немногие представители русской элиты, которые хотели получить светское образование, были вынуждены отправляться за границу, особенно если они стремились заниматься наукой. Но ехать за границу — это всегда непросто. Приходится изучать чужой язык, новые обычаи, традиции. Более того, Русская православная церковь считала всех представителей западного мира еретиками, что было немпогим лучше, чем язычники. Связи с языческими обрядами (например, наукой) трактовались в лучшем случае как опасные. В худшем можно было заработать проклятие. Поэтому отправлявшийся учиться на Запад русский должен был преодолеть немалые религиозные препоны.

¹ Город был назван по имени святого, а не самого царя. Каким бы ни был царь Петр, святым он точно не был. (*Примеч. авт.*)

Балты сохранили немецкую культуру, по религиозным убеждениям они были лютеранами и не были ограничены подобными запретами. Также как и немцы, жившие на территории Германии, они были хорошо образованы и активно занимались наукой, особенно в XVIII — XIX веках.

Вот почему среди великих русских ученых XIX века присутствуют люди, носящие такие имена, как Готлиб Сигизмунд Кирхгоф, Фридрих Конрад Бейльштейн, Карл Эрнст фон Баер и Вильгельм Оствальд.

Я вовсе не имею в виду, что в этот период у русских не было своих ученых (с русскими именами). Достаточно упомянуть о Михаиле Васильевиче Ломоносове, Александре Онуфриевиче Ковалевском и Дмитрие Ивановиче Менделееве.

Однако официальные лица России явно отдавали предпочтение балтам (которые всемерно поддерживали царское правительство, создававшее им все условия для процветания), а не русской интеллигенции, доставлявшей хлопоты.

Остается только добавить, что в XIX веке немцам было самой судьбой предопределено заниматься наукой. Вероятно, немецкий акцент в русской речи мог считаться признаком причастности к науке. (Прежде чем усмехаться по этому поводу, подумайте, каким был американский стереотип ученого — создателя ракет. Он имел устойчивый немецкий акцент, *nicht war?* И это несмотря на то, что один из пионеров ракетной техники и космонавтики, давший немцам основу для дальнейших работ, имел гнусавый выговор уроженца Новой Англии. Вы наверняка поняли, что я имею в виду Роберта Годдарда.)

Так уж сложилось, что Академия наук, существовавшая в Российской империи, оказалась

разделенной на русскую и немецкую части, причём ведущей была вовсе не русская.

В 1880 году в академии появилась вакансия специалиста в области химической технологии, на которую претендовали двое: с немецкой стороны Бейльштейн, с русской — Менделеев. Строго говоря, этих двоих людей нельзя было даже сравнивать. Бейльштейн посвятил много лет своей жизни подготовке энциклопедии свойств и методов приготовления нескольких тысяч органических соединений, которые впоследствии обросли многочисленными приложениями и дополнениями и до сих пор считаются библией химиков. Это монументальный труд, показывающий необыкновенное трудолюбие и глубокую компетентность его создателя, но не более того. С другой стороны, Менделеев, создатель Периодической системы элементов, был звездой первой величины, общепризнанным гением.

Тем не менее, официальные лица отдали предпочтение Бейльштейну, который был избран в академию с преимуществом в один голос (десять против десяти).

Поэтому не стоит удивляться, что в последние годы, когда русским, наконец, удалось отвоевать по праву причитающееся им место под солнцем, они все делают как-то чересчур... Должно быть, стараются наперстать упущенное.

Но вернемся к предмету нашего разговора.

На протяжении XIX века было открыто довольно много ускорителей химических реакций. В 1812 году русский химик Готлиб Сигизмунд Кирхгоф обнаружил, что, если кипятить крахмал в воде, добавив туда небольшое количество

серной кислоты, образуется глюкоза. При отсутствии серной кислоты этого не происходит. Когда же эта реакция идет в присутствии серной кислоты, кислота в ней не участвует и в конце остается в неизменном количестве.

Затем в 1816 году английский химик Хамфри Дэви обнаружил, что пары определенных веществ, например алкоголя, соединяются с кислородом значительно легче в присутствии некоторых металлов, например платины. Водород также легче соединяется с кислородом в присутствии платины.

И снова химики начали экспериментировать с платиной. В 1823 году немецкий ученый Йоганн Вольфганг Дёберейнер создал водородный генератор, который при повороте запорного крана выстреливает струю водорода на полоску платиновой фольги. Водород сразу же вспыхивает. Получившуюся «лампу Дёберейнера» можно считать первой зажигалкой. К сожалению, загрязнения в составе водорода очень быстро портили катализатор, и полоска дорогостоящей платины становилась непригодной к дальнейшему использованию.

В 1831 году английский химик Перегрип Филлис решил, что если платина ускоряет взаимодействие водорода и алкоголя с кислородом, то почему ей не сделать то же самое для двуокиси серы? Он провел эксперимент и получил патент на открытие. Через несколько лет был открыт метод «отсрочки» порчи катализатора, после чего платину начали с выгодой использовать в производстве серной кислоты, заменив ею селитру Уорда.

В 1836 году эти исследования привлекли внимание шведского химика Йенса Якоба Берцелиуса, являвшегося в первой половине XIX века некоронованным королем химии. Он предложил

термины «катализ» и «катализатор» (от греческого «разложить на составные части»). Очевидно, Берцелиус имел в виду такие примеры каталитических реакций, как расщепление больших молекул крахмала на маленькие молекулы сахаров под действием серной кислоты.

Опыты с платиной внесли в концепцию каталитических процессов новую струю. С одной стороны, это был редкий и ценный металл. С другой стороны, благодаря платине люди снова заподозрили, что в реакциях с участием катализатора все-таки не обошлось без волшебных сил.

Разве можно ожидать, что платина тоже станет посредником, как простая селитра?

На первый взгляд ответ должен быть отрицательным. По сравнению с другими известными химическими веществами платина является довольно инертной, при нормальных условиях она не взаимодействует с водородом и кислородом. Тогда как она может заставить водород и кислород взаимодействовать друг с другом?

Если наш метафорический катализатор — камешек, то платина — камешек, плотно упакованный в смирительную рубашку.

Значит, мы снова вернулись к волшебству? К действию молекул на расстоянии?

Химики продолжали искать более прозаическое объяснение. У них возникло подозрение, что инертность платины является кажущейся. Атомы платины «держатся друг за друга» со всех сторон; их, судя по всему, это вполне устраивает, поэтому в глубоких слоях платина не взаимодействует с водородом и кислородом, как и с другими веществами.

Но на поверхности металла атомы располагаются рядом с воздухом, возле них уже нет дру-

гих атомов платины со всех сторон, поэтому они хватают недостающие атомы из тех, что оказались вблизи, — например, водород. Таким образом, на поверхности металла образуется пленка толщиной в 1 молекулу. Она, разумеется, остается невидимой, и мы продолжаем любоваться гладкой, блестящей поверхностью платины, которая на вид совершенно инертна.

Являясь частью поверхностной пленки, кислород и водород реагируют более активно, чем в состоянии газа. Если предположить, что при реакции кислорода и водорода на поверхности платины образуется молекула воды, она будет удерживаться слабее, чем молекула кислорода. В тот момент, когда молекула кислорода ударяется в этот участок поверхности, она заменит молекулу воды в пленке. И сразу появится шанс образования еще одной молекулы воды, и т. д.

Таким образом, платина действительно выступает в роли посредника, образуя на поверхности мономолекулярную газообразную пленку.

Также нетрудно показать, как платиновый катализатор может быть испорчен. Представьте, что существуют молекулы, к которым атомы платины будут «прижиматься» сильнее, чем к кислороду. Такие молекулы заместят кислород в поверхностной пленке, но сами не будут вытеснены атмосферными газами. Они останутся на поверхности платины, и каталитическое действие с участием водорода и кислорода прекратится.

Поскольку для образования поверхностного слоя толщиной в 1 молекулу затрачивается очень мало вещества (при разумных размерах поверхности), катализатор довольно быстро портят примеси, которые неизменно присутствуют в рабочей смеси газов.

Если приведенные выше рассуждения верны, то увеличение площади поверхности катализатора при его неизменном весе одновременно повысит его эффективность. Поэтому платиновый порошок, имеющий обширный поверхностный слой, является намного более эффективным катализатором, чем кусок платины того же веса. Значит, мы можем говорить о поверхностном катализаторе.

Но было сказано о поверхностной пленке, которая ускоряет процесс взаимодействия водорода и кислорода. Хотелось бы ликвидировать любые намеки на волшебство.

Для этого следует понять, чего катализатор сделать *не может*.

В 1870 году американский физик Джозайя Уиллард Гиббс разработал законы термодинамики применительно к химическим реакциям. Он показал, что существует некое количество так называемой «свободной энергии», которое всегда уменьшается в спонтанной химической реакции, то есть в реакции, которая протекает без поступления энергии.

Так, после начала реакции соединения водорода и кислорода она продолжается до тех пор, пока имеются газы — реагенты, а в результате образуется вода. Мы объясним это тем, что свободная энергия воды меньше, чем свободная энергия газовой смеси. И реакцию взаимодействия водорода и кислорода с образованием воды можно сравнить со скольжением вниз по «энергетическому склону».

Но если все сказанное верно, почему водород и кислород не реагируют между собой, находясь в состоянии газовой смеси? Почему они так долго медлят на верхней ступеньке энергетической

лестницы и вступают в реакцию только после нагрева?

Очевидно, что до начала реакции молекул кислорода и водорода, каждая из которых состоит из двух атомов, одна из них должна быть разрушена на отдельные атомы. А для этого необходима дополнительная энергия. Это и есть верхушка энергетического склона, по которому еще предстоит спуститься. Своего рода «энергетический пригорок». Количество энергии, необходимое для начала химической реакции, называется энергией активации. Эту концепцию впервые выдвинул в 1889 году шведский химик Сванте Август Аррениус.

Когда молекулы кислорода и водорода сталкиваются при обычной температуре, только незначительное их число обладает достаточной энергией, чтобы при столкновении разбиться. Они вступают в реакцию, в результате чего выделяется энергия для расщепления дополнительных молекул. Но дело в том, что одновременно выделяется такое маленькое количество энергии, что она рассеивается раньше, чем используется. В результате водород и кислород при комнатной температуре не реагируют между собой.

Когда температура поднимается, молекулы начинают двигаться быстрее, значительно большее их количество обладает необходимой энергией, чтобы разбиться или разбить другую молекулу при столкновении. (Другими словами, большее число молекул могут перебраться через «энергетический пригорок».) Постепенно высвобождается все больше энергии, и в какой-то момент температура достигает такого уровня, когда высвобождается больше энергии, чем может быть рассеяно. А температура продолжает повы-

шаться, в результате производится больше энергии, что еще больше повышает температуру, и реакция соединения водорода и кислорода сопровождается взрывом.

В 1894 году русский химик Вильгельм Оствальд доказал, что присутствие катализатора не может изменить взаимоотношения свободной энергии. Он не может инициировать реакцию, которая не начиналась без него, он в состоянии лишь ускорить ее протекание.

Иными словами, водород и кислород взаимодействуют и без присутствия платины, но это почти незаметно. Платиновый катализатор лишь ускоряет соединение. При комнатной температуре вода не может разложиться на кислород и водород (без дополнительного поступления энергии, например электрического тока), потому что это означало бы спонтанное движение вверх по энергетическому склону. Присутствие катализатора не может подтолкнуть такое движение. Если мы когда-нибудь обнаружим катализатор, способный на такое, он уж точно будет волшебным. (Или нам придется пересматривать основные законы термодинамики.)

Но как именно платина ускоряет химическую реакцию? В том, что она ее действительно ускоряет, у нас больше сомнений нет. Что происходит с молекулами в пленке?

Оствальд предложил следующее объяснение (которое было принято и существует по сей день). Катализатор ускоряет химическую реакцию, понижая энергию активации, то есть сглаживает «энергетический пригорок». Тогда при данной температуре больше молекул смогут перебраться через «пригорок» и съехать вниз; скорость реакции возрастает, иногда многократно.

Например, два атома кислорода удерживаются в молекуле довольно большой силой притяжения; расщепить такую молекулу далеко не просто, но необходимо для образования молекулы воды.

Когда атом кислорода соединяется с атомом платины, образуя часть поверхностной пленки, ситуация меняется. Способность молекулы кислорода образовывать связи частично используется для соединения с платиной, частично — для удержания двух атомов кислорода вместе. Таким образом, молекула кислорода оказывается «растянутой».

Если атом водорода ударит в такую растянутую молекулу кислорода в поверхностной пленке, он с большей вероятностью разобьет ее на атомы и вступит во взаимодействие с одним из них, чем при столкновении со свободной молекулой в составе газовой смеси. Поскольку молекула кислорода растянута, ее легче расщепить на атомы, и энергия активации будет ниже.

Можно снова прибегнуть к метафоре. Представьте себе кирпич, лежащий на самой верхушке наклонной плоскости. Он легко съехал бы по ней вниз, но для этого ему надо преодолеть силу трения, которая удерживает его на месте в противоположность силе тяжести. В этом примере сила трения аналогична силе, удерживающей вместе атомы кислорода.

Чтобы преодолеть трение, кирпич следует подтолкнуть (сообщить ему энергию активации). Тогда он соскользнет вниз.

Попробуем применить «поверхностный катализатор». Например, поверхность скольжения можно покрыть воском. Если поместить кирпич на такую наклонную плоскость, будет достаточно

легкого толчка, чтобы он начал двигаться вниз. Возможно, он съедет вниз и без нашей помощи.

Покрывая воском наклонную плоскость, мы не увеличили силу тяжести и не добавили энергию системе. Мы только уменьшили силу трения (сгладили «энергетический пригорок»), в результате чего кирпич скользит по плоскости легче и быстрее, чем при отсутствии воска.

Думаю, теперь вы убедились, что волшебный туман при свете дня рассеивается, и чудесное слово *катализатор* лишается своего магического ореола. Именно катализ является основой любого химического производства, а если вспомнить об энзимах, то и основой жизни.

По-моему, ни один разумный катализатор, понимающий это, не пожалеет, что его больше не считают волшебником.

Глава 17

МЕДЛЕННО ДВИЖУЩИЙСЯ ПАЛЕЦ

Увы, смерть всегда присутствует где-то рядом с нами. Не так давно умер наш маленький попугай. Насколько нам было известно, ему было всего пять лет, и он всегда был окружен заботой и любовью. Мы хорошо кормили его, не забывали наливать свежую воду, вовремя чистили клетку, выпускали полетать по дому, учили говорить короткие слова, не возражали, если он садился к нам на плечи или клевал пищу из наших тарелок. Иными словами, мы позволяли ему думать, что он является одним из нас, человеческих существ.

Но, к сожалению, его жизненный цикл все-таки оставался жизненным циклом попугая. В

последний год он постепенно становился вялым и угрюмым, все реже вспоминал заученные им короткие и не слишком приличные слова, больше ходил, чем летал. В конце концов он умер. И конечно, то же самое происходит и со мной.

Эта мысль меня приводит в чрезвычайное раздражение. Каждый год я побиваю собственный рекорд и поднимаюсь на более высокую ступеньку (в части возраста). И тот факт, что все без исключения живые существа занимаются тем же самым, является слабым утешением.

Я не хочу стареть и всеми силами противлюсь этому. В свое время я был очень умным ребенком, вундеркиндом: научился читать в четыре года, в пятнадцать поступил в колледж, в восемнадцать увидел свою первую публикацию и так далее. Я пользовался неизменным вниманием окружающих и получал от этого искреннее удовольствие.

Но за все надо платить. Молодой, изящный, обладавший искрящимся интеллектом и неиссякаемым запасом энергии вундеркинд как-то очень быстро превратился в вялого, обрюзгшего мужчину средних лет, слегка туповатого. По людям, чья молодость прошла в блеске славы, возраст бьет сильнее...

И теперь, к сожалению, все чаще случается следующее: приходит ко мне тощий, нескладный детина с покрытой щетиной физиономией и басит: «Я читаю ваши книги с тех пор, как научился читать. Я собрал все ваши романы, написанные еще до того, как я научился читать, и прочитал их тоже». И мне сразу очень хочется встретить такие откровения прямым ударом справа в челюсть. Скорее всего, я именно так и поступил бы, если

был бы уверен, что он испытывает уважение к моему возрасту и не даст сдачи.

Остается только одно: найти в этом положительную сторону, если она, конечно, существует...

Какова продолжительность жизни живых организмов? Об этом мы можем только догадываться. Соответствующие статистические данные собирались только на протяжении последнего века, да и то лишь в отношении *Homo sapiens*, причем только в развитых странах.

Поэтому все, что сказано о долголетию, по большей части является догадками и экспертными оценками. Но если предположения строят все, кому не лень, я тоже могу себе это позволить, даже с легким сердцем.

Для начала следует определиться, что мы имеем в виду, говоря о продолжительности жизни? На этот вопрос можно ответить по-разному. Чаще всего рассматривается промежуток времени, в течение которого данный организм живет в данных условиях.

Очевидно одно: этот срок очень короток; можно сказать, сущий пустяк практически для всех видов живых существ. Треска или устрица откладывает миллионы яиц, и только из одного или двух появляется потомство, которое остается в живых в течение года. Так что продолжительность жизни молоди тресковых рыб или устриц измеряется несколькими неделями, а возможно, несколькими днями. Думаю, что подавляющее большинство этих водных обитателей живет всего лишь несколько минут.

У птиц и млекопитающих ситуация не столь трагична. Они все-таки заботятся о потомстве,

которое большей частью (хотя и не все) доживает до года и продолжает расти дальше.

С точки зрения выживаемости видов этого вполне достаточно. Если существо достигло половой зрелости и произвело на свет потомство, о котором заботится до достижения им половой зрелости, оно внесло свой вклад в выживаемость своего вида и может считать свое жизненное предназначение выполненным. Если оно продолжает жить и снова производит на свет потомство — это хорошо, но вовсе не обязательно.

Причем очень важно, чтобы половая зрелость достигалась как можно раньше, чтобы оставалось время дать жизнь следующему поколению раньше, чем первое уйдет. Полевая мышь достигает половой зрелости в возрасте трех недель и может дать жизнь первому потомству через шесть недель после своего рождения. Такие крупные млекопитающие, как лошадь и корова, достигают половой зрелости примерно в год, а большие киты — в два года. Некоторые наземные животные могут позволить себе развиваться медленнее. Медведи способны к продолжению рода в возрасте шести лет, а слоны — десяти.

Крупные плотоядные животные могут прожить немного дольше, поскольку у них сравнительно немного врагов (кроме людей, конечно) и они могут не опасаться в любую минуту стать чьим-нибудь обедом. Крупные травоядные, такие, как слоны и бегемоты, также пребывают в относительной безопасности, а те, что поменьше, — бабуины или буйволы, — обретают безопасность благодаря жизни в стае.

Первые люди также попадают в эту категорию. Они жили небольшими группами и заботились о потомстве. Они имели элементарные

навыки общения, со временем научились пользоваться огнем. Поэтому первые люди могли рассчитывать на более долгую жизнь. Но в условиях недостаточного питания, болезней, многочисленных опасностей, а также жестокости человека к человеку продолжительность жизни первых людей была очень небольшой по современным стандартам. Тем не менее, существовал некий предел этой краткости. Если бы люди не жили достаточно долго, чтобы обеспечить воспроизводство самих себя, человечество вымерло бы. Могу предположить, что продолжительность жизни 18 лет была достаточной, чтобы обеспечить выживаемость вида. Полагаю, что в каменном веке действительная продолжительность жизни была если и больше, то ненамного.

С развитием сельского хозяйства и одомашниванием животных человек получил более стабильные источники продовольствия. А поселившись в пределах больших городов, он стал лучше защищен от врагов. И продолжительность жизни несколько увеличилась. Думаю, что она удвоилась.

Однако мне представляется сомнительным, что в древности, а также в Средние века продолжительность жизни людей достигала 40 лет. К примеру, в средневековой Англии она предположительно составляла 35 лет, так что люди, достигшие возраста 40 лет, считались уважаемыми старцами. Ранние браки и деторождение приводили к тому, что в столь «почтенном» возрасте люди уже обзаводились внуками.

В некоторых частях света такая ситуация существовала и в XX веке. К примеру, в Индии в 1950 году средняя продолжительность жизни считалась равной 32 годам, в Египте в 1938 году — 36 годам, в Мексике в 1940 году — 38 годам.

Следующий большой шаг в сторону увеличения продолжительности жизни был сделан с развитием медицины, научившейся уничтожать инфекции и лечить многие заболевания. В 1850 году средняя продолжительность жизни белого мужчины-американца составляла 38,3 года (не слишком большое отличие от средневековой Англии или античного Рима). В 1900 году, когда Пастер и Кох сделали свою работу, она увеличилась до 48,2 года, в 1920 году достигла 56,3 года, в 1930-м — 60,6 года, в 1940-м — 62,8 года, в 1950-м — 66,3 года, в 1959-м — 67,3 года и в 1961 году — 67,8 года.

У женщин картина более отрадна. В 1850 году они жили в среднем на 2 года дольше мужчин, а к 1961 году разница возросла до 7 лет. Продолжительность жизни цветного населения Соединенных Штатов несколько меньше, но я убежден, что для этого нет никаких врожденных причин. Просто они обычно занимают более низкую ступеньку на социальной лестнице, поэтому испытывают больше экономических трудностей. (Если кому-то непонятно, почему негры в наши дни проявляют такую большую активность, советуем вспомнить об этих семи годах.)

Но даже если мы будем говорить только о белом населении Америки, все равно рекорд по продолжительности жизни принадлежит вовсе не нам. Думаю, что близко к рекордным цифрам население Норвегии и Швеции. Судя по последним данным, которые я смог найти, мужчины Скандинавии живут 71 год, а женщины — 74.

Изменение продолжительности жизни вызвало изменение в социальной культуре. В прошлых веках старый человек был явлением чрезвычайно редким, почти феноменом, живым сви-

детелем исторических событий прошлого, кладзем знаний и хранителем традиций. Преклошный возраст всемерно почитался. В некоторых странах, где продолжительность жизни поныше невелика, старые люди и сейчас пользуются большим почтением.

Возраст также может вызывать опасения. Вплоть до начала XIX века рождение ребенка было процессом небезопасным, далеко не всем женщинам удавалось его пережить. Поэтому пожилые женщины встречались даже реже, чем старики-мужчины. Беззубые, морщинистые старухи казались странными и пугающими. Должно быть, именно этим объясняется распространенная в прошлые века боязнь ведьм.

Сейчас старые женщины и мужчины встречаются одинаково часто, никого не удивляют и не пугают. Что ж, это хорошо.

Возможно, кто-то решит, что продолжительность жизни возрастает так быстро и неуклонно, что нам остается подождать какой-то век, и люди станут жить не меньше 150 лет. Увы, это не так. Если не будет сделано революционных открытий в медицине и гериатрии, придется смириться с мыслью, что мы, пожалуй, достигли своего предела.

Когда-то в юности я прочитал аллегория, произведшую на меня неизгладимое впечатление. Всю свою сознательную жизнь я о ней помнил. Сейчас я уже не могу повторить ее дословно, а жаль. В ней речь шла о следующем. Смерть — это лучник, а жизнь — мост. Дети, рождаясь, ступают на этот мост и начинают его перебегать, постепенно взрослея. А Смерть стреляет по ним

из своего лука. Сначала ее цели очень малюпкие, они бегают, в них трудно попасть, поэтому только случайный ребенок оказывается пораженным стрелой и падает с моста в простирающийся под ним туман. Но люди идут дальше, и Смерть получает уже более крупные и легкие цели, но все же временами стреляет мимо. К концу моста подходят только немногие пожилые люди. Они уже вплотную приблизились к Смерти, и она никогда не промахивается. Поэтому ни один человек еще не перешел мост, и никто не знает, что лежит на другом берегу.

Такое положение остается неизменным, несмотря на улучшение жизни людей, изменения в социальной структуре общества и достижения медицинской науки. В начале и середине жизни мишени еще далеки от Смерти, и она легко может промахнуться. Но чем старше становишься, тем ближе подходишь к концу моста; теперь ты настолько близок к Смерти, что нет надежды на ее промах. Все, что мы можем сделать, — это уничтожить войны, голод, болезни, чтобы дать возможность большому числу людей дожить до седых волос. Когда средняя продолжительность жизни не превышала 35 лет, только одному человеку из 100 удавалось дожить до старости. Сейчас до нее доживает больше половины населения, но это все та же старость, и Смерть все равно постигнет всех.

Существует некий «определенный возраст», по достижении которого люди обычно умирают, даже если всю жизнь им удавалось избегать болезней и автомобильных аварий и они окружали себя постоянной заботой.

Еще три тысячи лет назад сочинитель псалмов определил человеческий возраст следующим

образом: «Дней лет наших семьдесят, а при большей крепости восемьдесят лет; и самая лучшая пора их — труд и болезнь, ибо проходят быстро, и мы летим» (Псалом, 90: 10).

В наше время дело обстоит в точности так же. Три тысячелетия развития цивилизации, три века торжества научной мысли ничего не изменили. Обычный возраст смерти от старости — между 70 и 80 годами.

Но это только средний возраст. Далеко не все умирают в день своего 75-го дня рождения, некоторые живут значительно дольше, и каждый из нас надеется войти в число счастливчиков-долгожителей. Поэтому давайте поговорим не о среднем возрасте смерти, а о максимальном возрасте, которого может достичь человек.

Все биологические виды многоклеточных имеют среднюю и максимальную продолжительность жизни. Причем максимальная продолжительность может отличаться от средней на 50 — 100%. Таким образом, максимальным возрастом человека можно считать 115 лет.

Периодически появляется информация и о людях более старшего возраста. Самым известным считается Томас Парр (Старый Парр). Считается, что он родился в Англии в 1481 году, а умер в 1635 году в возрасте 154 лет. Однако некоторые историки утверждают, что информация об этом долгожителе не соответствует действительности. На самом деле это обман, в который было вовлечено три поколения семьи Парр. Советский Союз также объявил о существовании на Кавказе долгожителей, перешагнувших столетний рубеж, но все они родились в таком регионе и в то время, когда записи велись не слишком аккуратно. Когда до этих регионов

добралась цивилизация, возраст старого человека часто записывался с его слов, а старики, как известно, часто прибавляют себе годы. По моим наблюдениям, существует следующая закономерность: чем слабее налажен в данной местности учет населения, тем больше там долгожителей.

В 1948 году умерла англичанка по имени Изабелла Шеферд. Считалось, что смерть настигла женщину в возрасте 115 лет. Однако она была последней жительницей Британских островов, родившейся до начала всеобщей регистрации рождений. Поэтому абсолютной уверенности в ее почтенном возрасте нет. Правда, по косвенным данным, она могла быть моложе только на пару лет. В 1814 году умер канадец Пьер Жубер. Существуют достоверные данные о том, что он родился в 1701 году, то есть в момент смерти ему было 113 лет.

Давайте остановимся на том, что максимальный возраст человека составляет 115 лет, и спросим себя, а есть ли у нас повод жаловаться? Как эта цифра соотносится с максимальным возрастом других живых существ?

Если сравнить растения и животных, не останется никаких сомнений, что пальма первенства принадлежит растениям. Но не всем, если быть точным. Здесь снова будет уместна цитата из Библии: «Дни человека, как трава: как цвет полевой, так он цвет. Пройдет над ним ветер — и нет его, и место его уже не узнает его» (Псалом, 103: 15—16).

От такого сравнения по коже бегут мурашки, но оно необыкновенно точно отражает недолговечность человеческой жизни. Почему бы сочи-

нителю псалмов не сказать, что дни человека подобны, к примеру, дубу или, что еще лучше, гигантской секвойе? Отдельные представители последней имеют возраст более трех тысяч лет, причем вопрос о максимальном возрасте в этом случае даже не ставится!

Все же я не думаю, что кто-нибудь из нас пожелает обрести долгую жизнь такой ценой — став деревом. Бесспорно, деревья живут долго, но их жизнь медленна, пассивна и очень, очень скучна. Давайте теперь посмотрим, как обстоит дело с животными.

Простейшие животные живут на удивление долго. Имеется информация о морских анемонах, кораллах и других подобных созданиях, переживших через полувековой рубеж. Есть даже сведения (впрочем, не слишком достоверные) о наличии среди них столетних юбиляров. Отдельные представители беспозвоночных, например лобстеры, доживают до 50 лет, моллюски — до 30 лет. Думаю, мы и беспозвоночных можем оставить в покое. В конце концов, ничего не известно о беспозвоночных, справивших 100-летний юбилей, а если одно гигантское головоногое, скрывающееся в темных глубинах океана, и прожило такую долгую жизнь, мы с вами все равно не хотим быть головоногими.

А как обстоят дела с позвоночными? Насчет них мы располагаем множеством легенд, в особенности насчет рыб. Некоторые из таких сказаний повествуют нам о том, что рыба никогда не стареет, она живет, растет и не умирает, пока ее кто-нибудь не убьет. Считается, что некоторые рыбы доживают до нескольких сотен лет. К сожалению, такие факты нельзя ни подтвердить, ни опровергнуть. Существует досто-

верная информация (полученная от достойного доверия исследователя) об озерном осетре, прожившем больше века. Его возраст был подсчитан по числу колец на заостренном луче грудного плавника.

Среди амфибий рекорд принадлежит гигантской саламандре, которая доживает до 50 лет. С рептилиями дело обстоит еще лучше. Змеи могут дожить до 30 лет, крокодилы — до 60, но безусловным рекордсменом является черепаха. Даже маленькие черепахи могут дожить до 100 лет. Известна, как минимум, одна крупная черепаха, возраст которой был известен с достаточной степенью достоверности. Ей было 152 года. Вполне возможно, что гигантские черепахи, живущие на Галапагосах, доживают и до 200 лет.

Но черепахи тоже живут медленно, лениво, скучно. Конечно, не так медленно, как растения, но все же неприемлемо для нас. Существует только два вида живых существ, чья жизнь интенсивна и насыщена, проходит всегда на высшем уровне. Они теплокровные, как и мы. Это птицы и млекопитающие. (Некоторые млекопитающие слегка плутуют и на зиму впадают в спячку, продляя, таким образом, себе жизнь.) Мы могли бы позавидовать орлу или тигру, если бы они жили очень долго, если бы с приближением старости захотели поменяться с ними местами. Но действительно ли они живут намного дольше нас?

Из двух упомянутых выше видов у птиц дела обстоят лучше, во всяком случае в вопросе максимальной продолжительности жизни. Голубь живет столько же, сколько лев, а чайка может дожить до того же возраста, что бегемот. Имеются легенды о долгожителях среди птиц, гово-

рят, что попугаи и лебеди с легкостью перешагивают столетний барьер.

Все поклонники историй доктора Дулитла (а вы принадлежите к их числу?) наверняка помнят Полинезию, попугая, которому пошла уже третья сотня лет. Будет уместно упомянуть поэму Теннисона «Тифон» о мифическом персонаже, которому было даровано бессмертие, но по оплошности он не был избавлен от злого духа старости. Поэтому он продолжал неуклонно стареть и, в конце концов, уже из жалости был превращен в кузнечика. У Теннисона его герой сокрушался, что смерть приходит ко всем, кроме него. Вначале он указывает, что все люди и деревья на поле умирают, а в четвертой строке говорит: «...после многих лет умирает лебедь». В 1939 году Олдос Хаксли использовал эту строку в качестве заголовка для книги, касающейся стремления к физическому бессмертию.

Но художественная литература остается художественной литературой. Максимальный зафиксированный возраст попугая — 73 года; думаю, что лебеди живут не намного дольше. Есть сообщения о 115-летних черных воронах и некоторых видах ястребов, но лично мне это представляется сомнительным.

Наибольший интерес для нас представляют млекопитающие. Это естественно, поскольку мы тоже являемся млекопитающими. Поэтому далее я приведу список максимальных возрастов некоторых видов млекопитающих. (Я понимаю, что понятие *крыса* или *олень* затрагивает одновременно множество видов, каждый из которых имеет свою продолжительность жизни, но тут я ничего не могу поделать. Пусть это будет типичная крыса и типичный олень.)

Слон	77	Кот	20
Кит	60	Свинья	20
Бегемот	49	Собака	18
Осел	46	Коза	17
Лошадь	40	Овца	16
Горилла	45	Кенгуру	16
Шимпанзе	39	Летучая мышь	15
Зебра	38	Кролик	15
Лев	35	Белка	15
Медведь	34	Лиса	14
Корова	30	Морская свинка	7
Обезьяна	29	Крыса	4
Олень	25	Мышь	3
Тюлень	25	Землеройка	2

Не забывайте, максимальный возраст может быть достигнут только отдельными индивидуумами. К примеру, какой-то случайный кролик может дожить до 15 лет, а среднестатистический кролик умрет от старости уже в возрасте 10 лет. Не исключено, что продолжительность жизни другого кролика составит всего 2—3 года.

В общем, справедливо утверждение, что среди групп организмов с одинаковой структурой большие живут дольше, чем маленькие. Среди растений наблюдается та же картина. Гигантская секвойя живет намного дольше маргаритки. Что касается представителей животного мира, гигантский осетр живет дольше селедки, гигантская саламандра — дольше лягушки, гигантский аллигатор — дольше ящерицы. Ястребы живут дольше ласточек, а слон — дольше землеройки.

У млекопитающих особенно наглядно заметна связь между долголетием и размерами. Хотя не обходится и без исключений, подчас удивительных. Киты, например, живут удивительно

мало для таких габаритов. 60 лет в таблице — возраст для них исключительный. Большинство из них, если повезет, доживают до 30 лет. Возможно, это происходит потому, что пребывание в воде, сопровождающееся непрекращающейся потерей тепла и необходимостью все время плавать, сокращает жизнь.

Но куда более удивителен факт, что человек живет дольше других млекопитающих: дольше слонов и своих близких родственников — горилл. Когда умирает столетний человек, из всех животных в мире, появившихся на свет в день его рождения, в живых могут остаться только несколько флегматичных черепашек, случайно уцелевший и одряхлевший ястреб или осетр, а также другие человеческие существа, отметившие столетний юбилей. Ни одного из млекопитающих, пришедших в мир вместе с ним, уже не останется на свете. (Насколько нам известно.)

Если вы считаете, что это факт замечательный, не торопитесь! Он куда более замечательный, чем вы полагаете.

Чем меньше млекопитающее, тем быстрее у него происходит обмен веществ, иными словами, тем быстрее он живет. Можно предположить, что, если маленькое млекопитающее живет не так долго, как крупное, оно живет быстрее, более интенсивно. Скажем так, мелкое млекопитающее проживает такую же жизнь, как крупное, но... быстрее. В качестве примера различия процессов метаболизма можно рассмотреть частоту сердцебиения. В следующей таблице приведены данные о средней частоте сердцебиения в минуту различных млекопитающих.

Землеройка	1000	Овца	75
Мышь	550	Человек	72
Крыса	430	Корова	60
Кролик	150	Лев	45
Кошка	130	Лошадь	38
Собака	95	Слон	30
Свинья	75	Кит	17

Таким образом, для 14 типов живых существ мы имеем частоту сердцебиения (среднюю) и максимальный возраст (средний). Произведя умножение соответствующих величин, мы получим максимальный возраст этих существ, но выраженный не в годах, а в ударах сердца. Результат приведен ниже.

Землеройка	1 050 000 000
Мышь	950 000 000
Крыса	900 000 000
Кролик	1 150 000 000
Кошка	1 350 000 000
Собака	900 000 000
Свинья	800 000 000
Овца	600 000 000
Лев	830 000 000
Лошадь	800 000 000
Корова	950 000 000
Слон	1 200 000 000
Кит	630 000 000

Не забывая о приблизительности моих данных, я анализирую итоговую таблицу и прихожу к следующему выводу: млекопитающее может, в самом лучшем случае, прожить около миллиарда сердцебиений, после чего покидает этот мир.

Но вы навсрняка заметили, что в последнюю таблицу я не включил человека. Я хочу поговорить о нем отдельно. Он живет со скоростью, соответствующей своему размеру, и имеет частоту сердцебиения того же порядка, что и другие млекопитающие. Его сердце бьется быстрее, чем у крупных животных, но медленнее, чем у мелких. Однако максимальный возраст в 115 лет означает, что человек может прожить 4 350 000 000 сердцебиений.

Отдельный человек может прожить более четырех миллиардов ударов сердца! Таким образом, средняя продолжительность жизни белого американца в наши дни составляет 2,5 миллиарда ударов сердца. Любой человек, справивший свой двадцать пятый день рождения, уже прожил миллиард ударов сердца и все еще остается молодым, имеющим впереди долгую жизнь.

Но почему? Речь идет не о том, что мы живем дольше остальных млекопитающих. Измеряя продолжительность жизни в сердцебиениях, мы можем прожить в четыре раза дольше!

Возможно, дело в том, что мы едим мясо? Ни один из наших ближайших родственников-млекопитающих в этом с нами не может сравниться. Сердце шимпанзе бьется с той же скоростью, что и наше, а сердце гориллы чуть медленнее, но они могут дожить только до 1,5 миллиардов ударов, и это число не слишком отличается от других млекопитающих. Но каким образом тогда человек может дожить до 4 миллиардов ударов сердца?

Какой секрет таится в наших сердцах? Что заставляет этот орган работать лучше и дольше, чем у всех остальных существующих млекопита-

ющих? Почему движущийся палец пишет для нас так медленно, причем только для нас?

Откровенно говоря, я не знаю. Но каким бы ни был ответ, он меня устраивает. Если бы я был любым другим млекопитающим, мое сердце уже давно бы остановилось, отсчитав свой миллиард ударов. Но я человек, *Homo sapiens*, и мое чудесное сердце продолжает биться с прежним огнем и задором. Должен признаться, этот факт представляется мне чрезвычайно приятным.

Кстати, когда я не думаю о возрасте, то снова становлюсь молодым, чувствую себя прежним юным вундеркиндом. Я принадлежу к самому удивительному виду живых существ на земле, живущих дольше всех, обладающих разумом. И мне наплевать на дни рождения.

(Вообще-то надо подсчитать: сколько там осталось до 115?)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
----------------	---

Часть первая О ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ

<i>Глава 1.</i> Дни лет наших	11
<i>Глава 2.</i> Начнем с начала	28
<i>Глава 3.</i> Призрачные линии в небе	43
<i>Глава 4.</i> Небесный зоопарк	58
<i>Глава 5.</i> Переключка	73
<i>Глава 6.</i> Вокруг и вокруг и.....	90
<i>Глава 7.</i> Давайте побродим... посмотрим.....	102
<i>Глава 8.</i> Первая и последняя	116
<i>Глава 9.</i> Темнота ночи	131
<i>Глава 10.</i> Каждый раз по галактике	146

Часть вторая О ДРУГИХ ВЕЩАХ

<i>Глава 11.</i> Забудьте об этом!	162
<i>Глава 12.</i> Ничего считается	177
<i>Глава 13.</i> Буквой <i>c</i> обозначается скорость света в пустоте	192
<i>Глава 14.</i> Единица воздействия	205
<i>Глава 15.</i> Приветствую тебя, незнакомец	219
<i>Глава 16.</i> Те, кто всегда поторапливают.....	236
<i>Глава 17.</i> Медленно движущийся палец	252

Научно-популярное издание

Айзек Азимов

**О ВРЕМЕНИ, ПРОСТРАНСТВЕ
И ДРУГИХ ВЕЩАХ**

*От египетских календарей
до квантовой физики*

Ответственный за выпуск *Л.И. Глебовская*
Художественный редактор *Е.Ю. Шурлапова*
Технический редактор *Н.В. Травкина*
Корректор *Т.В. Соловьева*

Подписано в печать 13.11.2013.
Формат 76×90^{1/2}. Бумага офсетная. Гарнитура «Петербург»
Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,71. Уч.-изд. л. 11,06.
Тираж 3 000 экз. Заказ № 9374.

ЗАО «Издательство Центрполиграф»
111024, Москва, 1-я ул. Энтузиастов, 15
E-MAIL: CNPOL@CNPOL.RU

WWW.CENTRPOLIGRAF.RU

Отпечатано с готовых файлов заказчика
в ОАО «Первая Образцовая типография»,
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

**Действительно низкие цены!
Регулярные распродажи!
Предварительные заказы и оповещение
по телефону о поступлении новинок!**

**Фирменные магазины
«Издательства Центрполиграф»**

предлагают более 3000 наименований книг различных жанров зарубежных и отечественных авторов: детектив, исторический, любовный, приключенческий роман, фантастика, фэнтези, научно-популярная, биографическая, документально-криминальная литература, издания для детей и юношества, филателистические каталоги, книги по кулинарии, кинологии, о звездах театра, кино, эстрады, а также энциклопедии, словари, решебники.

Звоните и приезжайте!

МОСКВА — ул. Октябрьская, д. 18

*тел. для справок: (495) 684-49-89,
мелкооптовый отдел: тел. (495) 684-49-68;
пн—пт — 10.00—19.00, сб — 10.00—17.00,
курьерская доставка книг по Москве.*

РОСТОВ-НА-ДОНУ — Привокзальная пл., д. 1/2

тел. (8632) 38-38-02; пн—пт — 9.00 до 18.00.

**Официальный дистрибьютор издательства
ООО "АТОН"**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ — ул. Седова, д. 13, литер А,

*Офис 317-А, тел.: (812) 412-03-08,
(812) 412-79-13. E-mail: aton@peterlink.ru.
Пн—пт — 9.00—18.30; сб, вскр — выходной.*