

Нил  
ДЕГРАСС ТАЙСОН

# СМЕРТЬ В ЧЕРНОЙ ДЫРЕ

И ДРУГИЕ МЕЛКИЕ  
КОСМИЧЕСКИЕ НЕПРИЯТНОСТИ

ОТ  
ЗАРОЖДЕНИЯ  
ЖИЗНИ  
ДО ТЕОРИИ  
ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ  
И ФИЗИКИ  
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ  
ЧАСТИЦ

ЗОЛОТОЙ  
ФОНД  
НАУКИ

## Annotation

Нил Деграсс Тайсон – известный американский астрофизик и популяризатор науки, обладающий особым даром рассказывать о самых сложных научных вопросах понятно, захватывающе и с юмором. В этой книге вы найдете ответы на самые интересные вопросы о Вселенной: «Что будет, если упасть в черную дыру?», «Какие ошибки допускают создатели голливудских фильмов о космосе?», «Зачем построили Стоунхендж?», «Наступит ли когда-нибудь конец света?», «Как могут выглядеть инопланетяне?» и многие другие.

Эта книга будет интересна и школьникам, и взрослым, интересующимся наукой.

---

# Нил Деграсс Тайсон

## Смерть в черной дыре и другие мелкие космические неприятности

Neil deGrasse Tyson

DEATH BY BLACK HOLE: AND OTHER COSMIC QUANDARIES

Права на перевод получены соглашением с W. W. Norton & Company, Inc. при содействии литературного агентства Andrew Nurnberg (США).

© 2007 by Neil deGrasse Tyson

© Бродоцкая А., перевод на русский язык, 2015

© ООО «Издательство АСТ», 2016

\* \* \*

Не исключено, что Нил Деграсс Тайсон – лучший популяризатор науки из ныне живущих.

*Мэтт Блум,*

*«Wired»*

Лично я подозреваю, что Вселенная не просто диковиннее, чем нам представляется, но и диковиннее, чем мы в силах вообразить.

*Дж. Б. С. Холдейн,*

*«Возможные миры» (1927)*

[Тайсон] затрагивает самые разные темы... и у него получается смешно, безо всякой помпы, а главное – человечно.

*«Entertainment Weekly»*

Одно дело – быть признанным ученым-астрофизиком.

И совсем другое – чувствовать и держать комедийный ритм. Обычно одно с другим не сочетается, но Нил есть Нил.

*Джон Стюарт,*

*«The Daily Show»*

Тайсон – рок-звезда, чья страсть к законам природы сочетается с умением увлекательно объяснять самые разные темы, от темного вещества до нелепости веры в зомби.

*«Parade»*

Трудно представить себе более подходящую кандидатуру для перезагрузки космоса, чем Нил Деграсс Тайсон.

*Деннис Овербай,*

*«New York Times»*

[Тайсон] прямо фонтанирует идеями.

*Луиза де Морес,*

*«Washington Post»*

Тайсон пишет о популярной науке уверенно и гладко.

*«People»*

Очевидный наследник Карла Сагана, обладающий тем же сочетанием мудрости и доступности изложения.

*Seth MacFarlane,*

*создатель «Family Guy»*

## Предисловие

Вселенная видится мне не собранием предметов, теорий и явлений, а просторной сценой, на которой полным-полно актеров, движимых хитросплетениями замысла и сюжета. Поэтому, когда я пишу о Вселенной, само собой напрашивается сравнение с экскурсией за театральные кулисы, которую я устраиваю для читателей: пусть сами рассмотрят вблизи декорации с бутафорией, узнают, как пишут пьесы и что будет дальше. А моя цель – по возможности доступно рассказать, как устроена Вселенная, а это потруднее, чем просто изложить факты. Представление идет своим чередом, и по ходу пьесы приходится и улыбаться, и хмуриться в тех местах, где того требует космос. Иногда космос требует и того, чтобы мы испугались до икоты. Вот почему «Гибель в черной дыре» представляется мне порталом, за которым читатель найдет все, что занимает, просвещает и пугает нас во Вселенной.

Каждая из глав этой книги уже появлялась в той или иной форме на страницах журнала «*Natural History*» в разделе «Вселенная» в период, охвативший 11 лет – с 1995 по 2005 годы. «Гибель в черной дыре» – это своего рода сборник «Лучшее во Вселенной», куда вошли те мои статьи, которые вызвали наибольший отклик у читателей; я слегка отредактировал их ради связности повествования и в соответствии с последними достижениями науки.

Этот сборник я и представляю вам, читатель: пусть он порадует вас и даст передохнуть от повседневной суеты.

## Благодарности

Как ученый я специализируюсь на звездах, их эволюции и структуре галактик. Поэтому едва ли я имел бы право авторитетно судить о самых разных предметах, о которых пойдет речь в этом сборнике, если бы не острые глаза коллег: благодаря их замечаниям по поводу моих ежемесячных рукописей зачастую удавалось превратить простую статью в статью, обогащенную нюансами смысла, которые дают нам открытия, совершенные на переднем крае науки о Вселенной. Во всем, что касается Солнечной системы, я благодарен Рикку Бинцелю, моему бывшему однокласснику в старшей школе, а теперь преподавателю планетологии в Массачусетском технологическом институте. Я постоянно ему названивал, поскольку мне было насущно необходимо проверить, верно ли я пишу о планетах и об их окружении.

Подобную же роль в создании этой книги сыграли преподаватели астрофизики из Принстона Брюс Дрейн, Майкл Стросс и Дэвид Спигел, чьи совокупные познания в космохимии, физике галактик и космологии позволили мне куда глубже проникнуть в разные уголки Вселенной. Среди моих коллег, принимавших больше всего участия в создании этих статей, следует назвать Роберта Лаптона из Принстона, который получил фундаментальное образование в Англии и теперь, по-моему, знает вообще все на свете. Роберт уделял самое пристальное внимание как научным, так и литературным тонкостям и из месяца в месяц заметно улучшал все то, что я успевал настрочить.

Другой мой коллега и обладатель самых разносторонних знаний, который тщательно вычитывает мои сочинения, – это Стивен Сотер. Пока я не покажу ему свои статьи, они, можно сказать, и не завершены.

Что касается мира литературы, нельзя не упомянуть Эллен Голденсон, которая была моим первым редактором в журнале «*Natural History*», и в 1995 году, услышав мое интервью на «National Public Radio», предложила мне вести постоянную рубрику. Я сразу же согласился. Необходимость ежемесячно писать туда статью и по сей день остается едва ли не самой трудной и приятной задачей для меня. Дело Эллен продолжает Авис Лэнг, мой нынешний редактор, и она следит за тем, чтобы я говорил, что думаю, и думал, что говорю, везде без исключения. Я в долгу перед ними обеими: они потратили массу времени, чтобы научить меня прилично писать. Улучшить и обогатить содержание статей мне помогали и другие – в том числе Филип Брэнфорд, Бобби Фогель, Эд

Дженкинс, Энн Рэй Джонас, Бетси Лернер, Мордекай Марк Маклоу, Стив Нэйпир, Майкл Ричмонд, Брюс Статс, Фрэнк Саммерс и Райан Уайэтт. Волонтер из Планетария имени Хейдена Кири Боин-Тинч проделала героический труд, сделав первый проход по тексту сборника, и помогла мне организовать Вселенную этой книги. И я глубоко признателен Питеру Брауну, главному редактору журнала «*Natural History*», за общую поддержку моих писательских начинаний и за любезное разрешение выбрать любые статьи для перепечатки в этом сборнике.

Эта страница была бы неполной без краткого изъяснения благодарности Стивену Джею Гулду, чья колонка «Эта сторона жизни» в журнале «*Natural History*» выдержала целых триста выпусков. Мы вместе работали в журнале в течение семи лет, с 1995 по 2001 годы, и не проходило месяца, чтобы я не ощущал его присутствия. Стивен практически создал жанр современной научно-популярной статьи, и его влияние на мои работы очевидно. Каждый раз, когда я собираюсь углубиться в историю науки, я непременно добываю редкие книги, насчитывающие несколько веков, и листаю их ветхие страницы, как всегда делал Гулд, и изучаю, как наши предшественники пытались понять устройство природы. Безвременная кончина Гулда в шестьдесят лет – как и смерть Карла Сагана в шестьдесят два – оставила в мире популярной науки брешь, которая и по сей день не заполнена.

# Пролог

## Зарождение науки

То, что известные законы физики так хорошо объясняют происходящее в окружающем мире, питает в иных из нас гордыню и самоуверенность, с которыми мы зачастуюзираем на накопленные человечеством знания, – тем более что пробелы в наших знаниях о предметах и явлениях зачастую кажутся мелкими и незначительными. От подобных умонастроений не застрахованы даже нобелевские лауреаты и прочие авторитетные ученые – и не раз и не два они от этого ставили себя в глупое положение.

Широко известно, что в 1894 году в речи по случаю передачи Физической лаборатории им. Райерсона в дар Чикагскому университету Альберт А. Майкельсон, которому вскоре предстояло получить Нобелевскую премию, предсказал, что физике вот-вот придет конец:

Все относительно важные фундаментальные законы и факты физической науки уже открыты и на сегодня доказаны столь убедительно, что вероятность того, что их сменит логическая последовательность новых открытий, становится все менее и менее правдоподобной... Открытия будущего следует искать в шестом знаке после запятой.

*(Barrow 1988, p. 173)*

Тех же взглядов, что и Майкельсон, придерживался и один из самых блестящих астрономов того времени Саймон Ньюкомб, бывший в числе основателей Американского астрономического общества. В 1888 году он отметил: «Вероятно, мы приближаемся к пределам всего того, что в принципе возможно знать об астрономии» (Newcomb 1888, p. 65). И даже великий физик лорд Кельвин, в честь которого, как мы узнаем в части 3, названа абсолютная шкала температуры, стал в 1901 году жертвой чрезмерной уверенности в собственной правоте: «Открывать в физике больше нечего. Остается лишь повышать точность измерения величин» (Kelvin 1901, p. 1). Эти соображения были высказаны в ту пору, когда еще считалось, что свет распространяется в пространстве посредством светоносного эфира, а небольшие различия между наблюдаемой и предсказываемой траекторией Меркурия при движении вокруг Солнца еще не нашли объяснения. В то время все эти

несообразности считались сущими пустяками – казалось, достаточно лишь слегка подправить и уточнить известные законы физики, и все встанет на свои места.

К счастью, Макс Планк, один из основателей квантовой механики, оказался прозорливее своего наставника. В лекции, прочитанной в 1924 году, он вспоминает, какой совет ему дали в 1874 году:

Когда я только начинал изучать физику и обратился за советом к своему досточтимому учителю Филиппу фон Жолли... В его описании физика представала наукой весьма развитой, практически полностью созревшей... Вероятно, где-то в укромных ее уголках завалялась пылинка или пузырек, которые еще предстоит изучить и классифицировать, однако система в целом виделась вполне устоявшейся, а теоретическая физика, как тогда представлялось, достигла той степени совершенства, какой отличалась уже несколько столетий, скажем, геометрия.

*(Planck 1996, p. 10).*

Поначалу у Планка не было причин сомневаться в правоте учителя. Однако, когда наши классические представления о том, как вещество излучает энергию, не подтвердились экспериментально, Планк в 1900 году был вынужден ступить на революционный путь – выдвинуть гипотезу о существовании кванта, неделимой единицы энергии, что возвестило начало новой эпохи в физике. В течение ближайших 30 лет человечеству предстояло открыть общую и специальную теорию относительности, квантовую механику и расширение Вселенной.

Казалось бы, блестящий физик Ричард Фейнман, прославившийся разнообразными и многочисленными открытиями, должен был учиться на ошибках предшественников, ведь он прекрасно знал об их постыдной близорукости. Однако и он в прелестной книге 1965 года «Характер физических законов» («The Character of Physical Law») провозгласил:

Нам необыкновенно повезло, что мы живем в век, когда еще можно делать открытия... Век, в который мы живем, это век открытия основных законов природы, и это время уже никогда не повторится. Это удивительное время, время волнений и восторгов, но этому наступит конец.

*(Feynman 1994, p. 166).*

*(Пер. В. П. Голышева и Э. Л. Нанпельбаума)*

Я не претендую ни на малейшие знания о том, когда наступит конец физики и где его искать – я не знаю даже, настанет ли он вообще. Зато я знаю, что наш биологический вид гораздо тупее, чем мы сами себе признаемся. Именно ограниченность наших мыслительных способностей – а не науки как таковой – представляется мне гарантией того, что мы лишь начали разбираться в том, как устроена Вселенная.

Давайте на миг представим себе, что человек – самое умное существо на Земле. Если в рамках этой дискуссии мы определим «умный» как «способный выполнять абстрактные математические операции», можно предположить, что, кроме людей, никого умного на Земле никогда не было.

Какова же вероятность, что этому первому и единственному умному виду в истории Земли хватило ума полностью разобраться, как устроен механизм Вселенной? Шимпанзе с точки зрения эволюции отстают от нас на полшага, однако никто не станет спорить, что, сколько шимпанзе ни обучай, он едва ли будет с легкостью решать задачи по тригонометрии. А теперь представьте себе, что на Земле или еще где-то есть биологический вид, который настолько же опережает людей, насколько люди опережают шимпанзе. Какую долю механизмов, управляющих Вселенной, они освоят?

Любителям игры в крестики-нолики известно, что исключительная простота правил этой игры позволяет выиграть или свести вничью любую партию, стоит лишь правильно сделать первые ходы. Однако маленькие дети играют в крестики-нолики так, словно результаты игры непостижимы и далеки. Между тем правила игры в шахматы также очень просты и понятны, однако по ходу игры становится все сложнее предсказать, какую последовательность ходов предпримет твой противник, и сложность эта возрастает экспоненциально. Поэтому даже взрослым – и даже самым умным и талантливым взрослым – играть в шахматы очень трудно, и они всегда играют в шахматы так, словно исход игры – полная загадка.

Обратимся к Исааку Ньютону, который возглавляет мой список самых умных людей в истории человечества. Кстати, в этом я не одинок. Памятная надпись на бюсте Ньютона в Колледже Св. Троицы в Кембридже гласит «*Qui genus humanum ingenio superavit*», что в переводе с латыни означает «Тот, кто интеллектом превзошел род человеческий». Как же сам Ньютон относился к собственным знаниям?

Не знаю, каков я в глазах света, однако самому мне представляется, что все это время я был подобен ребенку, что играет на морском берегу и развлечения ради находит то необыкновенно гладкий камушек, то на диво пеструю ракушку, но океан истины во всем своем величии расстилается передо мной неизведанным.

*(Brewster 1860, p. 331)*

Если уподобить Вселенную шахматной доске, то она открыла нам некоторые свои правила, однако в основном мироздание ведет себя загадочно, словно подчиняется тайным, скрытым от посторонних глаз законам и установлениям. Наверняка мы внесли еще далеко не все пункты в правила игры.

Различие между знаниями о предметах и явлениях, которые вписываются в рамки известных законов физики, и знаниями о самих законах физики – важнейший вопрос, возникающий при любом предположении о возможном конце науки. Открытие жизни на планете Марс или под покровом плавучих льдов на спутнике Юпитера Европе может стать величайшим открытием за всю историю человечества. Однако вполне можно ручаться, что физика и химия атомов, составляющих эти живые существа, будут в точности такими же, как физика и химия атомов здесь, на Земле. Новые законы не понадобятся.

Давайте все же взглянем на несколько нерешенных задач, которые представляют собой ахиллесову пяту современной астрофизики, поскольку являют подлинными масштабы нынешнего невежества. Насколько мы можем судить, решения этих задач дожидаются открытия совершенно новых отраслей физики.

В том, что Вселенная произошла в результате Большого Взрыва, мы почти не сомневаемся, однако можем лишь предполагать, что лежит за космическим горизонтом, который пролегает в 13,7 миллиардах световых лет от нас. Можно только догадываться, что было до Большого Взрыва и почему он вообще произошел. Некоторые гипотезы из сферы квантовой механики допускают, что наша расширяющаяся Вселенная – результат одной-единственной флуктуации в первичной пене пространства-времени, где другие бесчисленные флуктуации порождают другие бесчисленные Вселенные.

Когда мы строим компьютерные симуляции того, что было вскоре после Большого Взрыва, и заставляем электронный мозг генерировать

сотню миллиардов галактик, оказывается трудно согласовать данные наблюдений ранних и поздних этапов развития Вселенной. Нам пока не удастся дать непротиворечивое описание формирования и эволюции крупномасштабной структуры Вселенной. Такое чувство, что мы упускаем из виду какие-то важные детали головоломки.

Мы несколько веков пребывали в убеждении, что ньютоновы законы движения и тяготения прекрасно описывают мироздание, и так было до тех пор, пока они не потребовали уточнений – и тогда возникла эйнштейнова теория движения и тяготения, теория относительности. В наши дни относительность царствует безраздельно. Квантовая механика, описание Вселенной атомов и элементарных частиц, также царствует безраздельно. Но все дело в том, что по сути своей теория гравитации Эйнштейна и квантовая механика противоречат друг другу. Они по-разному предсказывают, что происходит там, где они пересекаются. Кому-то придется уступить позиции. Либо в эйнштейновой теории гравитации недостает какой-то детали, которая позволяет ей принять принципы квантовой механики, либо в квантовой механике недостает какой-то детали, которая позволяет ей принять эйнштейнову гравитацию.

Не исключен и третий вариант – нам нужна более крупная всеобъемлющая теория, которая вытеснит обе первые. Более того, именно для этого была изобретена теория струн. Она пытается свести существование любого вещества и энергии и их взаимодействия к существованию вибрирующих струн энергии в более высоких измерениях. Различные вибрации в наших жалких измерениях пространства и времени проявляются в виде разных частиц и сил. Хотя теория струн уже более 20 лет собирает вокруг себя сторонников, ее утверждения пока что лежат вне досягаемости для экспериментальной проверки, поэтому подтвердить или опровергнуть ее пока невозможно. В мире науки к ней сплошь и рядом относятся крайне скептически, тем не менее многие ученые возлагают на нее большие надежды.

Мы до сих пор не знаем, какие обстоятельства или силы заставили неодушевленное вещество переорганизоваться в живую материю в ее нынешнем виде. Быть может, существует какой-то механизм или закон химической самоорганизации, который ускользает от нашего внимания, поскольку нам не с чем сравнивать свою земную биологию, поэтому мы не в состоянии оценить, что для формирования жизни важно, а что неважно.

Со времен судьбоносных работ Эдвина Хаббла в 1920 годы мы знаем, что Вселенная расширяется, но лишь совсем недавно выяснили, что она

еще и ускоряется благодаря некоему антигравитационному давлению под названием «темная энергия», а что это такое, понять не можем, у нас нет ни одной рабочей гипотезы.

В сущности, как бы ни были мы уверены в своих наблюдениях, экспериментах, данных и теориях, приходится довольствоваться тем, что 85 % всей гравитации во Вселенной берется из неведомого загадочного источника, который не удастся зарегистрировать никакими средствами из накопившегося у нас на данный момент инструментария по исследованию Вселенной. Насколько мы можем судить, этот источник состоит не из обычного вещества вроде электронов, протонов и нейтронов и не из той или иной разновидности вещества или энергии, которые с ними взаимодействуют. Эту до обидного призрачную субстанцию мы прозвали «темным веществом», и на сегодня это одна из величайших космических неурядиц.

Разве все это похоже на закат физической науки? Разве похоже, что мы владеем ситуацией? Разве пора нам почивать на лаврах? По мне так из всего этого следует, что мы беспомощные идиоты, очень похожие на нашего ближайшего родича шимпанзе, когда тот пытается овладеть теоремой Пифагора.

Возможно, я слишком суров к *Homo sapiens* и далековато зашел в сравнении с шимпанзе. Возможно, вопрос не в том, насколько умен тот или иной представитель того или иного вида, а в том, какова мощь коллективного разума целого вида. Люди привыкли делиться своими открытиями на конференциях, в книгах, при помощи других носителей информации и, само собой, через Интернет. Дарвинову эволюцию движет естественный отбор, а вот развитие человеческой культуры идет в основном по Ламарку – новые поколения наследуют багаж знаний, накопленный предыдущими, и открытия космического масштаба копятя и копятя, не зная границ.

Так что каждое научное открытие – это новая перекладина в лестнице знаний, конца которой нам не видно, поскольку, чтобы подниматься по ней, мы вынуждены строить ее ступенька за ступенькой. Насколько я могу судить, мы будем строить эту лестницу и подниматься по ней вечно и вечно раскрывать все новые тайны Вселенной – одну за другой.

**Часть I**

**Природа познания**

*Почему так трудно познавать  
познаваемое*

## Глава первая

### Как прийти в чувство

*Вооружившись своими пятью чувствами, человек исследует Вселенную и называет эти увлекательные приключения наукой.*

*Эдвин П. Хаббл*

*(1889–1953),*

*«The Nature of Science» («Природа науки»)*

Зрение занимает особое место среди пяти наших чувств. Глаза позволяют получать информацию не только из дальнего угла комнаты, но из дальних уголков Вселенной. Не будь у нас зрения, астрономия как наука никогда не зародилась бы, а наша способность искать свое место во Вселенной оказалась бы безнадежно пресечена в корне. Вспомним летучих мышей. Неизвестно, какие тайны передают летучие мыши из поколения в поколение, но среди них точно нет ничего, что касается вида ночного неба.

Если представить себе наши чувства как набор инструментов для научных опытов, оказывается, что они обладают поразительной остротой и широчайшим диапазоном восприятия. Уши способны регистрировать и грохот при взлете космического корабля, и жужжание комара в полуметре от нас. Осязание позволяет ощутить и вес мяча для боулинга, который уронили нам прямо на ногу, и прикосновение лапок жучка весом в миллиграмм, который ползет по руке. Есть люди, которые с удовольствием жуют жгучий перец, а чуткий язык уловит присутствие пряности, даже если ее в блюде всего несколько миллионных долей. А глаза улавливают и яркий блеск отдели в солнечный полдень, и огонек одной-единственной спички, зажженной в темном зрительном зале на расстоянии десятков метров.

Однако не надо увлекаться самолюбованием: обратите внимание, что там, где приобретаешь в широте диапазона, теряешь в точности – интенсивность сигналов окружающего мира мы воспринимаем в логарифмической, а не в линейной шкале. Например, если усилить интенсивность звука в 10 раз, ушам эта перемена покажется незначительной. Усильте интенсивность вдвое – и вовсе не заметите

разницы. То же самое относится и к способности улавливать свет. Если вам случилось наблюдать полное солнечное затмение, то вы, наверное, заметили, что диск Солнца должен быть закрыт Луной по меньшей мере на 90 %, и только тогда кто-нибудь скажет, что небо, кажется, потемнело. Шкала яркости звезд, всем известная акустическая шкала децибел и сейсмическая шкала силы землетрясений строятся на логарифмической основе во многом потому, что именно так мы от природы слышим, видим и ощущаем окружающий мир.

\* \* \*

Что же лежит за пределами наших чувств? Есть ли хоть какой-то способ узнать, что происходит вне рамок нашего биологического «интерфейса», который связывает нас с окружающей средой?

Давайте задумаемся о том, что человеческая машина, как бы хорошо она ни расшифровывала основную структуру нашего непосредственного окружения – день сейчас или ночь и что за зверь собирается тебя съесть, – без научного аппарата практически лишена возможности понять, как устроена вся остальная природа. Если мы хотим знать, что происходит вокруг, нам не хватит тех датчиков, с которыми мы родились. Практически в каждом случае задача научного аппарата в том и состоит, чтобы выйти за пределы ширины и глубины наших чувств.

Иные хвастаются, будто у них есть шестое чувство – якобы они знают и предсказывают то, чего не знают другие. Ясновидящие, телепаты, гадалки – все они стоят первыми в списке тех, кто притязает на сверхъестественные способности. При этом они неизменно вызывают интерес и восхищение, особенно у книгоиздателей и телерепортеров. Вся область парапсихологии – если это и наука, то весьма спорная – основана на надежде, что по крайней мере у некоторых людей и в самом деле есть подобные таланты. Для меня главная загадка – почему всевозможные медиумы и предсказатели обрывают телефоны на телевидении, а не зарабатывают себе тихо-мирно несметные богатства на бирже ценных бумаг. И никто из нас ни разу не видел в газетах сенсационного заголовка «Известная ясновидящая выиграла в лотерею». Да, впрочем, эта загадка – сущая ерунда по сравнению с тем, что грамотно поставленные по двойному слепому методу эксперименты, призванные подтвердить притязания экстрасенсов, неизменно заканчиваются провалом, что показывает, что происходящее – полная чушь, а не шестое

чувство.

С другой стороны, у современной науки этих чувств десятки. И ученые вовсе не претендуют на то, что наделены сверхъестественными талантами: просто у них есть особое оборудование. Разумеется, в конечном итоге это оборудование переведет информацию, добытую при помощи дополнительных чувств, в простые таблицы, схемы, диаграммы или изображения, которые способны воспринимать наши врожденные органы чувств. В первом фантастическом телесериале «Звездный путь» команда, спускаясь при помощи особого луча на неизвестную планету, всегда брала с собой трикордер – портативное устройство, позволяющее выявить основные свойства всего, что могло им встретиться: и живого, и неживого. Если провести трикордером над изучаемым объектом, он издаст гулкий звук, который тот, кто пользуется прибором, может истолковать.

Представьте себе, что прямо перед вами на стол шлепается светящийся ком какого-то неведомого вещества. Без диагностического инструмента вроде трикордера нам не выяснить ни химический состав этого кома, ни то, какие в него входят элементарные частицы. Мы не сможем узнать, есть ли у него электромагнитное поле, не испускает ли он рентгеновские, ультрафиолетовые или гамма-лучи, радио– или микроволны. Мы не сумеем разобраться, клеточная у него структура или кристаллическая. Если бы ком находился далеко в космосе, он выглядел бы как бесструктурная святающаяся точка в небе и наши пять чувств не сказали бы нам решительно ничего о том, какое до него расстояние, с какой скоростью он движется в пространстве, каков темп его вращения. Кроме того, без специального инструмента у нас не было бы никакой возможности увидеть, каков спектр его излучения, и узнать, поляризован этот свет или нет.

Если у нас нет оборудования, которое позволяет проводить анализ, и особого желания нюхать и лизать неведомое вещество, все, что услышит от нас капитан звездолета по возвращении, – это «Капитан, это ком вещества». Прошу прощения у Эдвина П. Хаббла, однако цитата, с которой начинается эта глава, при всей своей красоте и поэтичности, должна звучать иначе:

Вооружившись своими пятью чувствами, а также телескопами, микроскопами, масс-спектрометрами, сейсмографами, магнитометрами, ускорителями и детекторами частиц во всем электромагнитном диапазоне, мы исследуем Вселенную и называем эти увлекательные приключения наукой.

Только подумайте, насколько богаче казался бы мир и насколько раньше была бы открыта природа Вселенной, если бы мы рождались с высокоточными глазами, которые можно было бы перестраивать на нужный диапазон энергий! Настраиваешься на радиоволновую часть спектра – и полуденное небо становится темным, как ночью, но сплошь испещренным яркими, сияющими источниками радиоволн, такими, например, как центр Млечного пути, расположенный за яркими звездами созвездия Стрельца. Настраиваешься на микроволновое излучение – и весь космос сияет реликтами первых мгновений Вселенной: эта стена света начала распространяться через 380 000 лет после Большого Взрыва. Переходишь в рентгеновский диапазон – и тут же видишь, где находятся черные дыры, в которые вещество засасывается по спирали. Настраиваешься на гамма-лучи – и примерно раз в день видишь гигантские вспышки, источники которых случайным образом разбросаны по Вселенной. Помимо самой гамма-вспышки видишь, как этот взрыв воздействует на окружающее вещество, как оно нагревается и светится в других диапазонах.

Если бы мы рождались с магнитными датчиками, нам не пришлось бы изобретать компас. Настройся на магнитные линии Земли – и северный магнитный полюс воссияет за горизонтом, словно страна Оз. Если бы у нас в сетчатку были встроены спектрометры, нам не пришлось бы задаваться вопросом, чем мы дышим. Поглядишь на спектр – и сразу поймешь, хватит ли в воздухе кислорода для жизни человека. И мы бы уже много тысяч лет назад поняли, что галактика Млечный путь состоит из тех же химических элементов, что и наша Земля.

А если бы у нас были очень большие глаза и встроенные датчики доплеровского движения, мы бы сразу, еще бессловесными троглодитами, обнаружили, что Вселенная расширяется и дальние галактики удаляются от нас.

Если бы у наших глаз было разрешение, как у мощных микроскопов, никто никогда не объяснял бы чуму и прочие недуги гневом Господним. Болезнетворные бактерии и вирусы были бы нам прекрасно видны – и когда они лезут в нашу пищу, и когда проскальзывают в открытые раны на теле. Простые эксперименты быстро показали бы нам, какие из них вредные, а какие полезные. А выявлять послеоперационные инфекции и бороться с ними мы, разумеется, научились бы на много лет раньше.

Если бы мы могли улавливать высокоэнергичные частицы, то находили бы радиоактивные вещества на огромном расстоянии. И никакие счетчики Гейгера нам бы не понадобились. Мы видели бы,

как сквозь пол из подвала сочится радон – и не приходилось бы никому платить за то, чтобы нам об этом сообщали.

\* \* \*

Мы с рождения и все детство оттачиваем свои чувства, и это позволяет нам, став взрослыми, выносить суждения о событиях и явлениях в своей жизни, решать, имеют ли они смысл, – недаром по-английски «смысл» и «чувства» обозначаются одним и тем же словом «sense». Беда в том, что за последнее столетие ни одного научного открытия не было сделано благодаря наблюдениям при помощи одних лишь пяти чувств, безо всякого дополнительного оборудования. Наоборот, эти открытия делаются благодаря наблюдениям при помощи одного лишь дополнительного оборудования. Этот простой факт и объясняет, собственно, почему для среднего человека теория относительности, физика элементарных частиц и десятимерная теория струн не имеют никакого смысла – опять же «sense». В этот же список стоит включить черные дыры, кротовые норы и Большой Взрыв. Более того, все это не имеет «чувственного смысла» и для самих ученых, по крайней мере до тех пор, пока у нас не накопится солидный стаж исследования Вселенной при помощи всевозможных технологических «чувств», которые оказались в нашем распоряжении. А в результате возникает «здравый смысл» более высокого уровня, позволяющий ученому творчески осмысливать незнакомые явления микромира или головоломные хитросплетения многомерного пространства и выносить суждения о них. Немецкий физик XX века Макс Планк говорил примерно то же самое об открытии квантовой механики:

Современная физика производит на нас особое впечатление именно благодаря старой, как мир, истине, согласно которой существует реальность, которую мы не в состоянии воспринять своими органами чувств, и есть задачи и конфликты, в которых эта реальность играет для нас гораздо более важную роль, чем все сокровища чувственного мира.

*(Planck, 1931, p. 107)*

Наши пять чувств мешают даже дать осмысленные ответы на глупые метафизические вопросы типа: «Если в глухом лесу падает дерево и вокруг

нет никого, кто слышал бы грохот его падения, звучит ли этот грохот?» Лично мне больше всего нравится ответ: «А откуда вы узнаете, что оно упало?» Но на него все почему-то обижаются. Поэтому приведу аналогию, показывающую, какой я бесчувственный: «Вопрос. Как узнать, что в комнате полно угарного газа, если не чувствуешь его запах? Ответ. Умрешь – узнаешь». В наше беспокойное время, если что-то ускользает от твоих органов чувств, не миновать беды.

Как только мы открываем новые пути познания, это всегда распахивает новые окна во Вселенную, и в них потоком льется информация, пополняющая наш растущий список небιологических чувств. И каждый раз Вселенная являет нам новый уровень величия и сложности, словно технологический прогресс позволяет нам эволюционировать и становиться сверхчувствительными, сверхразумными существами, которые постоянно, так сказать, приходят в новые чувства.

## Глава вторая

### И на Земле, как на небе

Пока Исаак Ньютон не сформулировал закон всемирного тяготения, не было особых оснований полагать, что законы физики на Земле такие же, как и во всей остальной Вселенной. На Земле все земное, а на небесах – небесное, так уж повелось. Более того, большинство ученых того времени полагали, что наш жалкий смертный разум не в состоянии постичь происходящее на небесах. И когда Ньютон сокрушил этот философский барьер, предположив, что всякое движение можно понять и предсказать, некоторые теологи ополчились против него за то, что он-де не оставил никакого простора для деятельности Творца, и об этом мы подробно поговорим в части 7. Ньютон обнаружил, что та же сила тяжести, из-за которой падают с ветвей спелые яблоки, направляет и брошенные тела по изогнутой траектории, и Луну по орбите вокруг Земли. Закон всемирного тяготения Ньютона руководит и движением планет, астероидов и комет по орбитам вокруг Солнца и удерживает сотни миллиардов звезд на орбитах в нашей галактике Млечный Путь.

Всеохватность физических законов – наилучший стимулятор научных открытий. И сила тяготения была лишь началом. Представьте себе, какой восторг охватил астрономов XIX века, когда они впервые направили на Солнце лабораторные призмы, которые разлагают свет на цветовой спектр. Спектры – это не просто красиво, они еще и дают уйму информации о том объекте, который испускает свет, в том числе о его химическом составе и температуре. Химические элементы проявляются в уникальных последовательностях светлых и темных полос в спектре. Ко всеобщей радости и изумлению, оказалось, что Солнце состоит из тех же химических элементов, какие наблюдаются в лаборатории. Призма перестала быть инструментом одних лишь химиков и показала, что хотя Солнце радикально отличается от Земли по размеру, массе, температуре, местоположению и внешнему виду, и там и здесь содержатся одни и те же элементы – водород, углерод, кислород, азот, кальций, железо и так далее. Однако главным был не сам по себе перечень общих ингредиентов, а осознание, что законы, по которым сформировались характерные черты в спектре Солнца, действуют и на Земле, до которой от Солнца 150 миллионов

километров.

Концепция универсальности физических законов оказалась настолько

плодотворной, что ее успешно применили в обратную сторону. Дальнейший анализ солнечного спектра показал, что там наличествует химический элемент, у которого нет аналогов на Земле. Поскольку это был солнечный элемент, он получил название от греческого слова *helios* – Солнце. И лишь позднее его открыли в лаборатории. Таким образом, гелий стал первым и единственным элементом в периодической таблице, который открыли не на Земле.

\* \* \*

Хорошо, мы выяснили, что законы физики действуют в пределах Солнечной системы – но действуют ли они на другом конце галактики? На другом конце Вселенной? Ученые испытывали один закон за другим. Ближайшие звезды тоже состоят из знакомых элементов. Далекие двойные звезды, вращающиеся по орбите друг вокруг друга, похоже, на зубок знают закон всемирного тяготения. Двойные галактики – тоже.

И подобно слоистым осадкам, которые изучает геолог, чем дальше мы смотрим, тем глубже заглядываем в прошлое. Спектры самых далеких объектов во Вселенной обладают теми же характерными рисунками, как и те, что мы видим повсюду во Вселенной. Правда, тяжелые элементы в те времена были не так обильны, они создавались в основном при взрывах звезд в последующих поколениях, однако законы, описывающие атомные и молекулярные процессы, оставляющие эти спектральные рисунки, остаются незыблемыми.

Разумеется, не всем космическим объектам и явлениям находят аналоги на Земле. Скорее всего, вам никогда не случалось забредать в облако сияющей плазмы, где температура достигает миллиона градусов, и проваливаться в черную дыру посреди улицы. Но главное – универсальность физических законов, которые все это описывают. Когда ученые подвергли спектральному анализу свет, испускаемый межзвездными облаками, там тоже проявился химический элемент, которого не было на Земле. Однако в таблице Менделеева уже не было свободных клеточек (а во времена открытия гелия несколько еще оставалось). Поэтому астрофизики на всякий случай придумали ему временное название «небулий» и стали разбираться, что происходит. Оказалось, что межзвездный газ настолько разрежен, что атомы подолгу живут, не сталкиваясь друг с другом. При таких условиях электроны в атомах находятся в таких состояниях, какие невозможно пронаблюдать

в земных лабораториях. Небулий оказался обычным кислородом, который необычно ведет себя в особых условиях разрешенной среды.

Универсальность физических законов говорит нам, что если мы высадимся на другой планете с развитой цивилизацией, все там будет подчиняться тем же самым законам, которые мы открыли и протестировали здесь, на Земле, даже если социально-политическое устройство у инопланетян окажется совершенно непривычным. Более того, если вам захочется поговорить с инопланетянами, можно ручаться, что они не знают ни английского, ни французского, ни даже классического китайского. Невозможно будет даже догадаться, как они воспримут рукопожатие – как жест миролюбия или объявление войны, даже если у них окажутся руки. Единственный язык, на котором есть надежда наладить общение, – это язык науки.

Подобная попытка уже была предпринята в семидесятые годы XX века, когда были запущены космические зонды «Пионер-10», «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2» – единственные космические аппараты, которым придали скорость, достаточную, чтобы преодолеть притяжение Солнечной системы. «Пионер» украшен золотой табличкой с гравировкой, где в виде пиктограмм изображено устройство нашей Солнечной системы, ее положение в галактике Млечный Путь и структура атома водорода. «Вояджер» присовокупляет к этому еще различные звуки природы – человеческое сердцебиение, песни китов и несколько музыкальных пьес от Бетховена до Чака Берри. С одной стороны, послание больше говорит о человеке, с другой – непонятно, сумеет ли инопланетное ухо догадаться, что оно слышит, если у инопланетян вообще есть уши. Моя любимая пародия на этот жест появилась в телепередаче «Субботним вечером в прямом эфире» вскоре после запуска «Вояджера». НАСА получает от инопланетян ответ – и в нем всего четыре слова: «Пришлите еще Чака Берри!»

\* \* \*

В части 3 нам предстоит подробный разговор о том, что науку стимулирует не только универсальность физических законов, но и существование и неизменность физических постоянных. Гравитационная постоянная, которую физики знают под именем «G», входит в ньютонову формулу тяготения и косвенно проверялась на неизменность уже давным-давно. Если проделать необходимые

вычисления, можно определить, что яркость звезд строго зависит от  $G$ . Иначе говоря, если бы в прошлом  $G$  была бы чуть-чуть другой, то величина энергии, испускавшейся Солнцем в те эпохи, заметно отличалась бы от тех значений, о которых говорят нам биология, климатология и геология. В сущности, мы не знаем ни одной постоянной, которая зависела бы от времени или местоположения во Вселенной: похоже, постоянные постоянны в прямом смысле слова.

Так уж устроена Вселенная.

Самая знаменитая постоянная – это, конечно, скорость света. Как ни разгоняйся, луч света не обгонишь. Почему? Пока еще не было проведено ни одного эксперимента, в ходе которого какой-либо объект в каком-либо виде достиг бы скорости света. Это предсказывают законы физики, прошедшие все испытания. Казалось бы, довольно узколюбые заявления. И правда, некоторые самые вопиющие научные заявления в прошлом явно недооценивали изобретательность инженеров: «Мы никогда не научимся летать», «Летательные аппараты никогда не выйдут на коммерческий уровень», «Мы никогда не преодолеем звуковой барьер», «Мы никогда не расщепим атом», «Мы никогда не долетим до Луны». Все это вы слышали. У этих заявлений есть одна общая черта: на их пути не стоял никакой известный на тот момент физический закон.

А вот утверждение «Мы никогда не обгоним луч света» – качественно иное. Оно исходит из фундаментальных принципов, проверенных временем. И не подлежит сомнению. На дорожных знаках по обочинам межзвездных шоссе в будущем будут стоять таблички с надписью:

*Скорость света –*

*Это не просто хорошая мысль.*

*Это закон*

Законы физики тем и хороши, что для их соблюдения не нужны никакие правоохранительные органы, – правда, когда-то у меня была футболка из серии «для зануд-отличников» с надписью «СОБЛЮДАЙТЕ ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ».

Большинство природных явлений объясняется взаимодействием

множества законов физики сразу. Это зачастую усложняет анализ и, как правило, требует компьютеров, чтобы учесть все важные параметры и все подсчитать. Когда в 1994 году в газовую атмосферу Юпитера вошла и взорвалась комета Шумейкеров-Леви 9, самая точная компьютерная модель произошедшего учитывала законы газодинамики, термодинамики, кинематики и гравитации. Самый яркий пример сложных и труднопредсказуемых явлений – климат и погода. Тем не менее и они подчиняются фундаментальным законам. Большое Красное Пятно в атмосфере Юпитера – бурный антициклон, который бушует уже по меньшей мере 350 лет, – создано теми же физическими процессами, которые вызывают бури на Земле, во всей Солнечной системе и во всей Вселенной.

\* \* \*

Еще один класс вселенских истин – законы сохранения, согласно которым те или иные измеряемые величины не меняются, что бы ни случилось. Важнейшие из них – закон сохранения массы и энергии, закон сохранения импульса и момента импульса и закон сохранения электрического заряда. Подтверждения этим законам находятся повсюду – и на Земле, и везде во Вселенной, куда нам хватило разумения заглянуть, от царства элементарных частиц до крупномасштабной структуры Вселенной.

Сколько бы мы ни бахвалились, нет в жизни совершенства. Как уже отмечалось, мы не можем увидеть, потрогать и попробовать на вкус источник 85 процентов гравитации во Вселенной. Загадочное темное вещество, которое никак не удается зарегистрировать – за исключением его гравитационного воздействия на вещество, которое мы видим, – вероятно, состоит из экзотических частиц, и нам еще предстоит их открыть или отождествить. Однако еще осталась крошечная кучка астрофизиков, которых никакие доводы не убеждают, и они считают, что никакого темного вещества в природе не существует, просто нужно уточнить ньютонов закон всемирного тяготения. Стоит добавить к формуле несколько слагаемых, и все сойдется.

Не исключено, что в один прекрасный день мы и в самом деле поймем, что ньютонова гравитация нуждается в уточнении. Не надо этого бояться. Один раз так уже было. В 1916 году Альберт Эйнштейн опубликовал общую теорию относительности, которая переформулировала

принципы гравитации таким образом, чтобы их можно было применить к предметам с очень большой массой – Ньютон и не подозревал об их существовании, и его закон всемирного тяготения в этой области дает сбой. И чему это нас научило? Мы черпаем уверенность в том, что закон проверен и испытан при самом широком диапазоне условий. Чем шире диапазон, тем мощнее закон как инструмент описания мироздания. Для обычного домашнего тяготения закон Ньютона подходит прекрасно. А для черных дыр и крупномасштабной структуры Вселенной понадобилась общая теория относительности. Каждая из этих теорий великолепно обслуживает свою область, какое бы место эта область ни занимала во Вселенной.

\* \* \*

В глазах ученого всеохватность законов физики свидетельствует, что мироздание устроено на удивление просто. Сравним его хотя бы с человеческой душой – царством психологии: тут все несравнимо запутаннее. Школьные попечительские советы по всей Америке обсуждают, какие предметы должны входить в школьную программу, и в некоторых случаях исход голосования определяется причудами социально-политических течений или религиозной философии. Различные системы убеждений и верований приводят к политическим разногласиям во всем мире, и далеко не всегда эти разногласия удается урегулировать мирным путем. А иные люди постоянно мечут бисер перед свиньями. Отличительная особенность физических законов – то, что они действуют везде и не зависят от того, веришь ты в них или нет. А все остальное, кроме законов физики, – не более чем мнения.

Нельзя сказать, что ученые во всем согласны между собой. Мы спорим. Постоянно. Однако при этом мы обычно выражаем мнения о толковании всяких неудобоваримых данных, находящихся на переднем крае наших знаний. А стоит упомянуть в споре о законе физики, как дебаты с гарантией завершаются: нет, проект вечного двигателя никогда не воплотится в жизнь, потому что нарушает законы термодинамики. Нет, нельзя создать машину времени, которая позволит вернуться в прошлое и убить собственную мать до своего рождения: это нарушает законы причинно-следственных связей. И невозможно спонтанно воспарить над землей, даже если сидишь в позе лотоса, поскольку это нарушает закон сохранения импульса. Хотя, в принципе, можно проделать этот фокус, если

научиться испускать мощный и постоянный поток газов...

В некоторых случаях знание законов физики помогает выстоять в споре с людьми, слишком убежденными в своей правоте. Несколько лет назад я зашел в кондитерскую в городе Пасадена, что в штате Аризона, выпить на сон грядущий горячего шоколаду. Само собой, я заказал его со взбитыми сливками. Но когда мне его принесли, взбитых сливок не было ни следа. Я сказал официанту, что мне принесли шоколад без сливок, а он ответил, что взбитых сливок не видно, потому что они осели на дно. Поскольку плотность у взбитых сливок очень мала, они плавают на любой жидкости из тех, которые человек в состоянии усвоить, так что я предложил официанту два объяснения на выбор: или кто-то позабыл добавить их в шоколад, или в этом ресторане не действуют универсальные законы физики. Официанта это не убедило, и он принес большую ложку взбитых сливок, чтобы проверить мою гипотезу лично. Взбитые сливки покачались немного на поверхности шоколада, а потом замерли неподвижно.

Разве можно найти более убедительное доказательство универсальности физических законов?

## Глава третья

### Не верь глазам своим

Во Вселенной так часто случается, что что-то кажется одним, а на деле оказывается совсем другим, что временами я задаюсь вопросом, не заговор ли это с целью дискредитировать астрофизиков. Примеры подобного вселенского маскарада встречаются сплошь и рядом.

В наши дни мы воспринимаем как должное, что живем на шарообразной планете. Однако долгие тысячелетия мыслители были убеждены, что она плоская, – и тому с избытком хватало доказательств. Оглянитесь кругом. Без спутниковых изображений трудно убедить себя, что Земля не плоская, даже если смотреть из иллюминатора самолета. Все, что справедливо на Земле, справедливо на всех гладких поверхностях в неевклидовой геометрии: достаточно малый участок любой изогнутой поверхности неотличим от участка плоскости. В старые времена, когда никто не уезжал далеко от дома, концепция плоской Земли очень льстила самолюбию: твой родной городок лежит в самом центре земной поверхности, и все точки горизонта – рубеж твоего мироздания – от тебя равноудалены. Нетрудно догадаться, что практически на всех картах плоской Земли цивилизация, которая рисовала карту, оказывается строго в центре.

Теперь посмотрите в небо. Без телескопа невозможно определить, каково расстояние до звезд. Они сидят на своих местах, восходят и садятся, словно приклеены к внутренней поверхности темной перевернутой миски. Почему бы, собственно, не предположить, что все звезды находятся от Земли на каком-то одном расстоянии?

На самом деле все они на разном расстоянии. И никакой миски, естественно, нет. Хорошо, предположим, что звезды рассеяны в пространстве там и сям. Но насколько «сям» и где «там»? Для невооруженного глаза самые яркие звезды более чем в сто раз ярче самых тусклых. Очевидно, тусклые находятся от Земли в сто раз дальше!

А вот и нет.

Этот простой довод слишком смел: получается, что от природы все звезды обладают одинаковой яркостью, что автоматически делает близкие звезды ярче далеких. Однако диапазон яркости звезд поразительно широк – он охватывает десять порядков величины, десять в десятой степени. Значит, самые яркие звезды не обязательно ближе всего к Земле. Более того, большинство звезд, которые вы видите в ночном небе, относятся к более

ярким разновидностям и лежат от нас невероятно далеко.

Если большинство звезд, которые мы видим, очень яркие, получается, что ярких звезд в галактике очень много?

И снова нет.

Ярчайшие звезды одновременно и самые редкие. В любом объеме пространства на одну яркую звезду приходится тысяча относительно тусклых. А вы видите яркие звезды с таких далеких расстояний благодаря тому, что они излучают так много энергии.

Теперь представьте себе, что две звезды испускают свет с одинаковой интенсивностью (то есть обладают одинаковой яркостью), но одна в сто раз дальше от нас. Казалось бы, она должна быть и в сто раз тусклее. А вот и нет. Не ждите простых решений. На самом деле интенсивность света падает пропорционально квадрату расстояния. Так что в этом случае дальняя звезда в 10 000 раз ( $100^2$ ) тусклее ближней. «Закон обратных квадратов» имеет чисто геометрическое объяснение. Когда свет звезды распространяется во все стороны, он «разжижается» вместе с растущей сферической поверхностью пространства, в котором движется. Площадь поверхности этой сферы увеличивается пропорционально квадрату радиуса (может быть, вы даже помните эту формулу со школьной скамьи:  $S = 4\pi r^2$ ), и потому-то интенсивность света и уменьшается в той же пропорции.

\* \* \*

Договорились. Звезды находятся от нас на разном расстоянии, у всех у них разная яркость, те, которые мы видим, крайне нетипичны. Однако нет никаких сомнений, что они неподвижны в пространстве. Люди тысячелетиями считали звезды «закрепленными», и это вполне понятно; подобные представления мы увидим в самых авторитетных источниках – и в Библии («И поставил их [звезды] Бог на тверди небесной, чтобы светить на Землю», Бытие, 1:17), и в «Альмагесте» Клавдия Птолемея, опубликованном около 150 года н. э., где настойчиво и убедительно говорится, что двигаться звезды не могут.

Коротко говоря, если допустить, что небесные тела движутся по отдельности, из этого следует, что расстояние от них до Земли должно меняться. А значит, размеры, яркости и относительные расстояния между разными небесными телами тоже должны меняться год от года. Однако подобных отклонений мы не наблюдаем. Почему?! Не спешите. То, что звезды движутся, открыл Эдмонд Галлей (в честь которого названа комета).

В 1718 году он сравнил «современные» положения звезд с теми, которые нанес на карту Гиппарх, древнегреческий астроном, живший во II в. до н. э. Галлей доверял точности гиппарховых карт, однако располагал еще и данными, накопленными почти за две тысячи лет, и имел возможность сравнить положение звезд в древние времена и сейчас. И быстро заметил, что звезда Арктур уже не там, где раньше. И в самом деле, она сдвинулась, но на столь малый промежуток, что в пределах жизни одного человека это невозможно было бы заметить без телескопа.

Семь небесных тел никогда и не претендовали на неподвижность. Они блуждали по звездному небу, и именно поэтому греки прозвали их планетами – «блуждающими». Все семь названий вам известны – во многих языках в их честь именуется дни недели: это Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн, Солнце и Луна. С древних времен считалось, и вполне справедливо, что эти странники находятся ближе к Земле, чем звезды, однако все полагали, что каждый из них вращается вокруг Земли, которая представляет собой центр мироздания.

Первую гелиоцентрическую модель Вселенной предложил Аристарх Самосский в III веке до н. э. Однако и тогда всем заинтересованным лицам было очевидно, что при всей затейливости движения планет и сами они, и все звезды на заднем плане вращаются вокруг Земли. Если бы Земля двигалась, мы бы это почувствовали, верно? В те дни были в ходу следующие доводы.

– Если бы Земля вращалась вокруг своей оси или двигалась в пространстве, облака и птицы в полете должны были бы от нее отставать. А они не отстают.

– Если бы Земля быстро двигалась у нас под ногами, то стоило бы нам подпрыгнуть вертикально вверх, и мы приземлялись бы совсем в другом месте. А это не так.

– А если бы Земля вращалась вокруг Солнца, угол, под которым мы видим звезды, постоянно менялся бы, а с ним и видимое положение звезд на небесах. А оно не меняется. По крайней мере, глазу это не заметно.

И тогда эти аргументы против гелиоцентрической модели казались очень убедительными. Однако впоследствии их удалось опровергнуть. Работы Галилео Галилея показали, что вращающаяся и вокруг своей оси, и по орбите Земля тащит за собой всю свою атмосферу вместе с облаками, птицами и летательными аппаратами. По той же причине, если подпрыгнешь в проходе летящего самолета, тебя не отшвырнет к хвосту и не прижмет к двери туалета. Третий довод совершенно справедлив –

с одной лишь оговоркой: до звезд так далеко, что сезонные сдвиги можно заметить лишь в мощный телескоп. Этот эффект был отмечен лишь в 1838 году, и сделал это немецкий астроном Фридрих Вильгельм Бессель.

Геоцентрическая Вселенная стала краеугольным камнем «Альмагеста» Птолемея, и эта модель определяла ход научной, культурной и религиозной мысли до 1543 года, когда был опубликован трактат Николая Коперника «*De Revolutionibus*», где в центре известной Вселенной оказалось Солнце, а не Земля. Андреас Озиандер, богослов-протестант, надзиравший над последними этапами печати, боялся, что власти придут в ужас от этой еретической книги, и снабдил ее анонимным предисловием, в котором просит читателей:

Не сомневаюсь, что иные ученые люди будут неприятно поражены тем, что прочтут в этой книге, ведь всем известно, что выдвинутая в ней гипотеза отличается новизной: она утверждает, что Земля движется, более того, что Солнце неподвижно закреплено в центре Вселенной... [Однако нет оснований считать, что] эти гипотезы обязательно верны и даже вероятны, достаточно того, что они позволяют сделать вычисления, соответствующие наблюдениям.

*(Copernicus 1999, p. 22)*

Сам Коперник тоже, разумеется, учитывал, что вот-вот накличет на себя беду. Свой трактат он посвятил Папе Римскому Павлу III:

Святой отец, я отдаю себе отчет, что едва иные люди поймут, что в моих книгах о вращении небесных сфер я приписываю некоторые движения и земному шару, я буду тут же освистан и изгнан со сцены за подобные мнения.

*(Copernicus 1999, p. 23)*

Однако вскоре после того, как голландский оптик Иоганн (Ханс) Липперсгей в 1608 году изобрел телескоп, Галилей при помощи телескопа собственного изготовления увидел фазы Венеры и четыре спутника, которые вращались не вокруг Земли, а вокруг Юпитера. Эти и тому подобные наблюдения вбили последний гвоздь в крышку гроба геоцентрической модели, и гелиоцентрическая модель Коперника завоевывала все больше сторонников. Поскольку Земля уже не занимала

во Вселенной особое положение, в науке началась коперникова революция, основанная на принципе, согласно которому мы совершенно заурядны.

\* \* \*

Если Земля вращается вокруг Солнца по орбите – совсем как ее сестры-планеты, – каково же место самого Солнца? В центре мироздания?

Нет, конечно. На эту приманку больше никто не клюнет – ведь это нарушит только что принятый принцип Коперника. Однако давайте на всякий случай все проверим.

Если бы Солнечная система находилась в центре Вселенной, то куда бы мы ни взглянули, на небе было бы примерно одинаковое количество звезд. А если бы Солнечная звезда была сильно сдвинута в ту или иную сторону, мы, должно быть, наблюдали бы в каком-то одном направлении заметное скопление звезд, и это и было бы направление к центру Вселенной.

К 1785 году английский астроном сэр Уильям Гершель подсчитал звезды по всему небу и приблизительно оценил расстояние до них, после чего пришел к выводу, что Солнечная система и правда находится в центре мироздания. Прошло чуть больше столетия, и голландский астроном Якобус Корнелиус Каптейн применил точнейшие на тот момент методы вычисления расстояний, чтобы раз и навсегда определить положение Солнечной системы в галактике. В телескоп видно, что полоса света под названием Млечный Путь распадается на плотные звездные скопления. Тщательное изучение их положения и расстояния до них показывает, что вдоль самой этой полосы звезды распределены более или менее равномерно. Ниже и выше концентрация звезд симметрично падает. Куда ни помотришь, в любом участке неба количество звезд примерно такое же, как и в противоположном направлении. На разработку карты звездного неба у Каптейна ушло около 20 лет, и в результате оказалось, что Солнечная система и вправду попадает в 1 % от центра Вселенной. По Каптейну мы находимся не совсем в центре, но достаточно близко к нему – так близко, что вправе претендовать на особое место в пространстве. Однако мироздание снова поглумилось над нами.

В то время никто, в том числе и Каптейн, не подозревал, что если смотреть в сторону Млечного Пути, все равно не увидишь конца Вселенной. Млечный Путь насыщен плотными облаками газа и пыли, которые поглощают свет, испускаемый объектами, которые находятся

за ним.

Если смотреть в направлении Млечного Пути, газовые облака на нем преграждают свет более 99 % звезд, которые мы могли бы разглядеть. Предположить, что Земля расположена близко к центру Млечного Пути, – это все равно что забрести в огромный густой лес и, сделав десяток-другой шагов, утверждать, что ты уже в самом центре, на том лишь основании, что во все стороны видно примерно одинаковое количество деревьев.

К 1920 году, однако до того, как удалось разобраться в проблеме поглощения света, Харлоу Шепли, которому вскоре предстояло стать директором Гарвардской обсерватории, изучил пространственное распределение шаровых скоплений на Млечном Пути. Шаровые скопления – это плотные конгломераты, состоящие из множества звезд, иногда до миллиона, и хорошо видные в областях выше и ниже Млечного Пути, где поглощается меньше всего света. Шепли рассудил, что эти исполинские скопления позволят ему определить центр Вселенной, точку, в которой наблюдалась бы наибольшая концентрация массы и, соответственно, наибольшая гравитация. Данные Шепли показали, что Солнечная система находится отнюдь не в центре распределения шаровых скоплений, а следовательно, отнюдь не в центре известной Вселенной. В какое же место поместил Шепли центр мира? В 60 000 световых лет от нас, примерно в том направлении, где находятся звезды, составляющие контуры созвездия Стрельца, но далеко за ними.

При определении расстояния Шепли ошибся более чем в два раза, однако при определении центра системы шаровых скоплений оказался совершенно прав. Этот центр совпадает с самым мощным источником радиоволн в небе, который был обнаружен впоследствии (газ и пыль не ослабляют радиоволны). В дальнейшем астрофизики обнаружили пик радиоизлучения точно в центре Млечного Пути, однако прежде нам пришлось пережить еще два-три эпизода из серии «Не верь глазам своим».

Принцип Коперника в очередной раз одержал решительную победу. Солнечная система, оказывается, находится не в центре известной Вселенной, а где-то на задворках. Причем у особо чувствительных натур не было поводов огорчаться. Ведь обширная система звезд и межзвездных облаков, к которой мы принадлежим, и составляет Вселенную во всей ее полноте. Ведь мы наверняка обитаем в самом центре событий.

И снова нет.

Большинство туманностей, которые мы наблюдаем в ночном небе, – это своего рода островные Вселенные, о чем прозорливо говорили некоторые ученые еще в XVIII веке, в том числе шведский философ

Эммануил Сведенборг, английский астроном Томас Райт и немецкий философ Иммануил Кант. Например, Райт в своем трактате «An Original Theory of the Universe» («Теория Вселенной»), опубликованном в 1750 году, рассуждает о бесконечности пространства, полного звездных систем, похожих на наш Млечный Путь:

Можно заключить... что все видимое Творение должно быть полно звездных систем и планетных миров... бесконечность во всей своей необъятности – это и есть безграничная полнота тварных миров, не слишком отличных от известной Вселенной... То, что именно такова реальность при всем множестве вероятностей, в некоторой степени очевидно благодаря множеству туманных пятен, которые мы можем разглядеть вне насыщенных звездами областей, в которых из-за слишком светлых участков невозможно различить ни одной звезды или сколько-нибудь значительного небесного тела, и вполне может случиться, что эти пятна – внешние тварные миры, граничащие с известным нам, но расположенные от нас так далеко, что их нельзя рассмотреть даже в наши телескопы.

*(Wright 1750, p. 177)*

«Туманные пятна» Райта – это на самом деле скопления сотен миллиардов звезд, расположенные очень и очень далеко и заметные по большей части только над и под Млечным Путем. Остальные туманности оказались относительно небольшими близкими облаками газа, и они обнаруживаются в основном в полосе Млечного Пути.

То, что Млечный Путь – это всего лишь одна из множества галактик, составляющих Вселенную, стало одним из важнейших открытий в истории науки, пусть из-за него мы и почувствовали себя снова маленькими и незначительными. Обижаться за это следует на Эдвина Хаббла, в честь которого назван Космический телескоп имени Хаббла. Обидные данные он получил в виде фотографического снимка, сделанного в ночь с 5 на 6 октября 1923 года. Нанесено оскорбление было при помощи стодюймового телескопа в обсерватории Маунт-Вилсон – в то время самого мощного в мире. А космический объект, к которому мы вправе предъявлять претензии – это туманность Андромеды, одна из крупнейших на ночном небе.

Хаббл обнаружил в туманности Андромеды очень яркую звезду той

разновидности, с которой астрономы уже были знакомы благодаря изучению более близких звезд. Хаббл применил к яркости света этой звезды закон обратных квадратов, и оказалось, что туманность находится гораздо дальше всех известных звезд в нашей звездной системе. На самом деле туманность Андромеды – это целая галактика, чье мерцание можно разложить на миллиарды звезд, и все они расположены более чем в 2 миллионах световых лет от нас. Мало того что мы, как выяснилось, далеки от центра мироздания, – вся наша галактика Млечный Путь, последняя надежда на повышение самооценки, словно бы сжалась и превратилась в ничем не примечательное пятнышко во Вселенной, где таких пятнышек много миллиардов, а сама эта Вселенная превзошла размерами всякое воображение.

\* \* \*

Ну хорошо, пусть Млечный Путь всего лишь одна из бесчисленного множества галактик, – но вдруг мы все-таки расположены в центре Вселенной? Спустя всего шесть лет после того, как Хаббл так беспардонно нас разжаловал, он свел воедино все доступные данные о движении галактик. И выяснилось, что почти все галактики разбегаются от Млечного Пути со скоростью, прямо пропорциональной расстоянию от нас.

Наконец-то мы оказались в самой середине крупной системы: Вселенная расширяется, и мы находимся в ее центре.

Нет, мы не дадим снова себя одурачить! Мало ли что нам кажется – из этого совсем не следует, что мы обитаем в центре мироздания! По правде говоря, новая модель Вселенной ждала своего часа с самого 1916 года, когда Альберт Эйнштейн опубликовал статью об общей теории относительности – современной теории гравитации. В Эйнштейновской Вселенной пространство-время искривляется в присутствии массы. Это искривление и соответствующее ему движение объектов мы воспринимаем как гравитацию. Если применить общую теорию относительности к происходящему во Вселенной, получается, что Вселенная может расширяться, при этом увлекая за собой составляющие ее галактики.

Из этой новой реальности следовал примечательный вывод: любому наблюдателю в любой галактике покажется, что Вселенная расширяется вокруг него. Вот она, вселенская иллюзия собственной важности: природа морочит голову не только разумным обитателям Земли, но и всем живым

существом во всем пространстве-времени!

Ну хорошо, с этим мы смиримся. Зато Вселенная-то наверняка только одна – та самая, где обитаем мы, пребывая в блаженном заблуждении. На сегодня у космологов нет свидетельств существования более чем одной Вселенной. Однако если довести до крайности (и дальше) некоторые проверенные законы физики, можно представить себе, что в момент зарождения Вселенной существовал крошечный объем, заполненный очень плотной и горячей пеной запутанного пространства-времени, подверженной квантовым флуктуациям, каждая из которых могла породить собственную Вселенную. Не исключено, что мы населяем всего одну Вселенную в этом затейливом мироздании – множественной Вселенной, которая содержит бесконечное множество иных Вселенных, и они то появляются, то исчезают. Эта идея делает нас еще меньше – мы превращаемся в позорно маленькую частицу огромного целого, такую крошечную, что и представить себе не могли. Что бы подумал папа Павел III?

\* \* \*

Складывается впечатление, что наше положение становится все хуже и хуже – все в большем и в большем масштабе. Хаббл подвел этому итог в своей работе «*Realm of the Nebulae*» («Царство туманностей»), опубликованной в 1936 году, однако эти слова вполне применимы к каждой ступени нашего унижения:

Таким образом, исследования пространства завершились на неопределенной ноте... Свое ближайшее окружение мы изучили довольно подробно. С увеличением расстояния знания наши меркнут, причем меркнут очень быстро. В конце концов мы достигаем сумеречной границы – предела возможностей наших телескопов. Там мы измеряем лишь тени и среди призрачных погрешностей разыскиваем вехи – едва ли более вещественные.

*(Hubble 1936, p. 201)*

Чему же учит нас это мысленное путешествие? Тому, что люди – эмоционально ранимые, легковверные, безнадежно невежественные повелители ничтожно малого клочка Вселенной, не имеющего

ни малейшего значения.

А теперь бегите играйте.

## Глава четвертая

### Информационная ловушка

Большинство полагает, будто чем больше у тебя о чем-то информации, тем лучше ты это понимаешь. До определенного предела так и есть. Если поглядеть на эту страницу с другого конца комнаты, увидишь, что это страница из книги, однако слов, скорее всего, не разберешь. Если подойти поближе, сумеешь, наверное, прочитать название главы. Однако если уткнуться носом прямо в страницу, содержание главы яснее не станет. Возможно, увидишь больше мелких деталей, однако упустишь самую главную информацию – слова, предложения, целые параграфы. О том же говорит и старая притча о слепцах и слоне: если стоять на расстоянии в десяток сантиметров от него и сосредоточиться на твердых заостренных выступах, длинном резиновом шланге, толстых шершавых колоннах или болтающемся канате с кисточкой на конце (быстро становится понятно, что за нее лучше не дергать), едва ли сможешь многое сказать о животном в целом.

Одна из трудностей научного исследования как раз и состоит в умении вовремя отстраниться – причем выбрать нужную дистанцию, – а затем снова приблизиться. Приблизительные оценки в одних случаях вносят ясность, в других приводят к излишнему упрощению. Масса осложнений иногда указывает на то, что явление и в самом деле устроено очень сложно, а иногда просто мешает увидеть картину в целом. Например, если хочешь изучить общие свойства какого-то сочетания молекул при разном давлении и температуре, не надо обращать внимание на то, как ведут себя при этом молекулы по отдельности: это не имеет никакого значения, а зачастую наталкивает на ошибочные выводы. Как мы увидим в части 3, отдельные частицы не обладают температурой, поскольку концепция температуры как таковой относится к усредненному движению всех молекул в группе. А вот в биохимии, наоборот, ничего не поймешь, если не разберешься, как одна молекула взаимодействует с другой.

Итак, как же разобраться, насколько подробными должны быть измерение, наблюдение или, скажем, просто карта? Как отсеять ненужные детали?

\* \* \*

В 1967 году Бенуа Мандельброт, математик, который впоследствии работал в Исследовательском центре имени Уотсонов в Йорктаун-Хейтс в штате Нью-Йорк, а также в Йельском университете, задал в журнале «Science» вопрос: «Какова длина побережья Британии?» Простой вопрос – и ответ на него, наверное, тоже должен быть простым. Однако никто не ожидал, какие последствия повлечет за собой этот ответ.

Исследователи и картографы уже много сотен лет составляют карты побережий. Первые рисунки изображают контуры континентов грубо, и выглядят они странновато, зато нынешние карты с высоким разрешением, построенные на основании спутниковых данных несопоставимо точнее. Если хочешь ответить на вопрос Мандельброта, для начала нужно всего ничего – карманный атлас мира и катушка ниток. Берешь нитку, выкладываешь по периметру Британии от Доннет-Хед до Лизард-Пойнт, не забывая проникать во все бухточки и закоулки. Потом растягиваешь нитку, сравниваешь ее длину с масштабом карты и – вуаля! – длина побережья острова измерена.

Однако точность такого измерения хочется проверить. И это несложно: берешь более подробную карту Картографического управления с масштабом, скажем, 1 миля в 2,5 дюймах, а не ту, на которой вся Британия умещается на одном листе. На ней есть всякие заливы, мыски и полуостровки, которые тоже придется пройти ниткой; отклонения невелики, зато их очень много. И вскоре окажется, что по данным подробной карты побережье получается длиннее, чем по данным карманного атласа.

Какой же цифре верить? Конечно, той, которая получилась по данным более подробной карты. И все же можно было взять карту и еще подробнее, такую, на которой отмечен каждый валун у подножия каждого утеса. Просто картографы обычно пренебрегают валунами, если они меньше Гибралтара размером. Так что, наверное, для точного измерения длины побережья Британии пришлось бы пройти вдоль него пешком, запасшись очень длинной ниткой, чтобы выложить ее по всем извилам. И все равно то там, то сям пропустишь какой-нибудь камешек, не говоря уже о микроскопических ручейках, которые сочатся между песчинками.

Когда же это кончится?! С каждым разом побережье становится все длиннее и длиннее. А вдруг оно вообще окажется бесконечным, если учесть границы молекул, атомов, субатомных частиц? Не совсем так. Мандельброт сказал бы, что длина побережья окажется «неопределимой». Возможно, чтобы переосмыслить задачу, нам придется обратиться за помощью к концепции многомерного пространства. Не исключено,

что одномерная линия просто не годится для извилистых побережий.

Чтобы довести до конца мысленный эксперимент Мандельброта, потребовалась новая, только что созданная отрасль математики, основанная на дробных – или фрактальных, от латинского слова «fractus», «сломанный» – измерениях, а не на привычных нам измерениях классической евклидовой геометрии, которых может быть одно, два или три. Мандельброт утверждал, что привычные представления о пространственных измерениях чрезмерно упрощены и поэтому не отражают сложное устройство линии побережья. Оказывается, что фракталы идеально подходят для описания «самоподобных» узоров, которые на разных масштабах выглядят примерно одинаково. Хорошие примеры фракталов в мире природы – это папоротники, снежинки и цветная капуста, однако идеальные фракталы получаются лишь из некоторых генерируемых на компьютере «бесконечно повторяющихся» структур, в которых форма макрообъекта состоит из меньших по размеру версий той же формы или узора, а те, в свою очередь, состоят из миниатюрных версий того же самого – и так далее неопределенно долго.

Однако, если углубиться в чистый фрактал, новой информации не встретишь, сколько бы ни множились его составляющие, поскольку сам «образец» выглядит всегда одинаково. Напротив, если углубляться в устройство человеческого организма, в конце концов наткнешься на клетку, а это структура исключительно сложная, наделенная совсем не теми свойствами и действующая совсем не по тем законам, которым подчиняется организм на более крупных масштабах. Стоит перейти границу клетки – и перед тобой откроется новая Вселенная информации.

\* \* \*

А сама Земля? Одна из первых дошедших до нас моделей мироздания сохранилась на вавилонской глиняной табличке возрастом в 2600 лет и представляет собой диск, окруженный океанами. На самом деле, если стоишь посреди просторной равнины (например, в долине рек Тигр и Евфрат) и смотришь во все стороны, Земля и правда похожа на плоский диск.

Древние греки (в том числе Пифагор и Геродот) заметили, что концепция плоской Земли не лишена недостатков, и задумались, что Земля все же может быть сферой. В IV веке до н. э. Аристотель, великий систематизатор знаний, привел несколько доводов в поддержку

этой гипотезы. Один из них – лунные затмения. Луна, обходя вокруг Земли, регулярно попадает в коническую тень, которую Земля отбрасывает в пространство. Аристотель наблюдал это зрелище десятилетиями – и отметил, что тень Земли на Луне неизменно круглая. А такое может быть лишь в том случае, когда Земля представляет собой сферу, поскольку только сфера отбрасывает круглую тень всегда, где бы ни находился источник падающего на нее света. Если бы Земля была плоским диском, тень иногда становилась бы овальной. А когда Земля оказывалась бы к Солнцу краем, тень превращалась бы в тонкую линию. Круг получался бы только тогда, когда Земля была бы к Солнцу «лицом». Уже один этот аргумент обладал такой силой, что, казалось бы, уже в ближайшие столетия картографы должны были изготовить сферическую модель Земли. Но нет. Первый глобус ждал своего часа до 1490–1492 года – до зари великих географических открытий и великой колонизации.

\* \* \*

Хорошо, договорились, Земля – шар. Однако дьявол, как всегда, кроется в деталях. В своих «Началах» (1687) Ньютон высказал предположение, что поскольку вещество, из которого состоят вращающиеся сферические тела, при вращении подвергается центробежной силе, наша планета, как, впрочем, и все остальные, должна быть приплюснута у полюсов и слегка выпукла по экватору: эта форма называется сплюснутым сфероидом. Полвека спустя Французская академия наук, чтобы проверить гипотезу Ньютона, отправила математиков в две экспедиции – одну на Полярный круг, другую на экватор – с заданием измерить длину одного градуса широты по поверхности Земли на одной и той же долготе. На Полярном круге градус оказался немного длиннее, и такое могло быть только если Земля и правда приплюснута. Ньютон был прав.

Чем быстрее вращается планета, тем больше должна быть ее выпуклость по экватору. Юпитер, самая массивная планета в Солнечной системе, вращается очень быстро, сутки на нем длятся 10 земных часов, и Юпитер у экватора на 7 % шире, чем у полюсов. Наша Земля гораздо меньше, и сутки на ней длятся 24 часа, поэтому у экватора она шире всего на 0,3 % – при диаметре около 12 700 км разница составляет всего 44 км. Не о чем даже и говорить.

Из этой легкой сплюснутости есть одно интересное следствие: если

встать на экваторе даже на уровне моря, окажешься дальше от центра Земли, чем в любом другом месте на Земле. А если хочешь сделать все правильно, надо забраться на гору Чимборасо в центральном Эквадоре, неподалеку от экватора. Вершина Чимборасо возвышается над уровнем моря на 6300 м, но главное – она на 2 с лишним километра дальше от центра Земли, чем вершина горы Эверест.

\* \* \*

Из-за спутников все, как ни странно, только запуталось. В 1958 году маленький космический аппарат «Авангард-1» сообщил нам поразительную новость: оказывается, экваториальная выпуклость к югу несколько больше, чем к северу. Мало того, уровень моря на Южном полюсе, как выяснилось, чуть-чуть ближе к центру Земли, чем уровень моря на Северном полюсе. Иначе говоря, наша планета – груша.

За этим последовал еще один обескураживающий факт: Земля, оказывается, меняет форму. Ее поверхность каждый день вздымается и опадает, когда океаны, влекомые притяжением Луны и – в меньшей степени – Солнца, накатываются на континентальные шельфы, а затем отступают. Приливные силы влияют на воду во всем мире, делают поверхность океанов слегка выпуклой. Это давно известный феномен. Однако приливные силы растягивают и твердую землю, так что экваториальный радиус изо дня в день, из месяца в месяц то увеличивается, то сокращается – в ритме океанских приливов и отливов и фаз Луны.

То есть Земля – грушевидный сплюснутый сфероид, который еще и крутит обруч.

Неужели эти уточнения никогда не кончатся? Возможно, и не кончатся. Перемотаем пленку вперед, на 2002 год. Американо-германская космическая программа под названием GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment, «Эксперимент по исследованию гравитации и климата») запустила пару спутников, чтобы уточнить модель геоида Земли – то есть выяснить, какую форму имела бы Земля, если бы на уровень моря не влияли ни океанские течения, ни приливы и отливы, ни погода, иначе говоря, какова была бы гипотетическая поверхность Земли, если бы сила тяжести в каждой точке была строго перпендикулярна. Таким образом, геоид воплощает истинную горизонталь, полностью учитывающую все вариации формы Земли и плотность вещества под ее

поверхностью. А плотникам, геодезистам и разработчикам акведуков придется подчиняться, ничего не попишешь.

\* \* \*

Еще одна разновидность спорных геометрических форм – это орбиты. Они не одномерны и не просто двух– или трехмерны. Это многомерные формы, которые меняются и в пространстве, и во времени. Аристотель отстаивал модель, согласно которой Земля, Солнце и звезды закреплены в пространстве, вделаны в хрустальные сферы. Вращаются именно сферы, и поэтому орбиты небесных тел представляют собой правильные окружности – как же иначе? Для Аристотеля и почти всех древних мыслителей центром всей этой деятельности была Земля.

Николай Коперник был с этим не согласен. В своем великом труде 1543 года «De Revolutionibus» он поместил в центр мироздания Солнце. Однако все орбиты остались идеально круглыми, поскольку Коперник не знал, что это противоречит реальному положению вещей. Полвека спустя Иоганн Кеплер привел все в порядок – сформулировал три закона движения планет, первые в истории небесной механики формулы, позволяющие делать предсказания, – и один из этих законов показал, что орбиты представляют собой не окружности, а эллипсы разной степени вытянутости.

И это было только начало.

Рассмотрим систему «Земля-Луна». Эти два небесных тела вращаются по орбитам вокруг общего центра масс, так называемого барицентра, который лежит примерно на 1600 км ниже точки на поверхности Земли, ближайшей к Луне в данный момент. Так что кеплеровы эллиптические орбиты вокруг Солнца описывают даже не сами планеты, а барицентры систем, которые состоят из планет с их спутниками. Ну, и какова же теперь траектория Земли? Череда витков, центры которых образуют эллипс – тринадцать витков за год, по одному на каждый лунный цикл.

При этом надо учесть, что не только Земля с Луной притягивают друг друга – все остальные планеты (со своими спутниками) тоже их притягивают. Все тянут всех. Нетрудно догадаться, что все это страшно запутано, и об этом мы подробно поговорим в части III. К тому же каждый раз, когда система «Земля-Луна» обходит вокруг Солнца, ориентация эллипса чуть-чуть меняется – не говоря уже о том, что Луна отходит от Земли по спирали со скоростью 3–5 см в год и что некоторые орбиты

в Солнечной системе хаотичны. В общем, этот балет Солнечной системы, поставленный гравитационными взаимодействиями, – спектакль, понять и оценить который способен только компьютер. Как далеко мы ушли от одиночных независимых тел, описывающих в пространстве идеальные окружности!

\* \* \*

Развитие научной дисциплины может идти по-разному, в зависимости от того, что было раньше, теории или данные. Теория говорит, что́ нужно искать, и потом либо находишь это, либо нет. Если находишь, можно заняться следующим открытым вопросом. Если теории у тебя нет, зато есть арсенал измерительных орудий, начинаешь коллекционировать как можно больше данных и уповать на то, что проявятся закономерности. Но пока не создастся общее представление, все равно наугад шарить в темноте. Тем не менее возникает соблазн объявить, что Коперник был неправ уже потому, что его орбиты имели не ту форму. Но главное-то не это, а более глубокая концепция, то, что планеты вращаются вокруг Солнца. С тех самых пор астрофизики постоянно оттачивали модель, вглядываясь в нее все пристальнее. Возможно, Коперник не попал в яблочко, но в девятку – точно. Поэтому, возможно, вопрос пока остается без ответа: когда надо подойти поближе и когда стоит отступить на шаг?

\* \* \*

А теперь представьте себе, что вы холодным осенним деньком гуляете по бульвару. На квартал впереди вас шагает седовласый джентльмен в темно-синем костюме. Едва ли вы разглядите, есть ли у него кольцо или перстень на левой руке. Если вы ускорите шаг и приблизитесь к нему на расстояние метров в восемь – десять, то узнаете, что он носит перстень, однако ни кроваво-красного самоцвета на нем, ни загадочной гравировки не рассмотрите. Подкрадитесь к нему с лупой – и если джентльмен не позовет полисмена, вы прочтете и название университета, где он учился, и его ученую степень, и год окончания учебного заведения, а может быть, и герб. В данном случае вы были правы, когда предположили, что чем ближе подойдешь, тем больше узнаешь.

Теперь представьте себе, что вы любуетесь полотном французского

художника-пуантилиста XIX века. Если вы отойдете на три метра, то разглядите и мужчин в цилиндрах, и дам в длинных платьях с турнюрами, и детей, и собачек, и рябь на воде. А стоит подойти ближе – и перед вами окажутся десятки тысяч точек, капелек и мазков краски. Если вы уткнетесь носом в холст, то сумеете оценить сложность техники и маниакальное усердие живописца, но лишь издалека картина приобретет нужное «разрешение» и превратится в изображение жанровой сценки. Это прямо противоположно встрече на бульваре с джентльменом-владельцем перстня: чем ближе вглядываешься в шедевр пуантилизма, тем труднее увязать между собой мелкие детали, так что сразу жалеешь, что не соблюдал дистанцию.

Который из этих примеров лучше отражает то, как раскрывается перед нами природа? Практически каждый раз, когда ученые рассматривают какое-то явление или какого-то обитателя мироздания – будь то животное, растение или звезда – им приходится оценивать, что будет полезнее – широкая картина, для которой надо отступить на несколько шагов, или крупный план. Однако есть и третий подход, своего рода гибрид: если вглядеться пристальнее, получишь больше данных, однако больше данных – это и больше путаницы. Возникает сильный соблазн отойти в сторону – но столь же силен и соблазн углубиться дальше. На каждую гипотезу, которую подтверждают более подробные данные, приходится десять других, которые приходится изменять или вовсе отбрасывать, поскольку они больше не вписываются в модель. Возможно, пройдут годы и десятилетия, прежде чем будут даже сформулированы полдесятка новых соображений на основании этих данных. Рассмотрим частный случай – множество колец и колечек вокруг планеты Сатурн.

\* \* \*

Жить и работать на Земле очень интересно. Однако до тех пор, пока Галилей не посмотрел в небо в телескоп – а случилось это в 1609 году – никто не имел ни малейшего представления о том, каковы поверхность, климат и химический состав в других местах в космосе. В 1610 году Галилей, рассматривая Сатурн, заметил одну странность – хотя телескоп у него был не очень сильный, ученому показалось, что у планеты два спутника, справа и слева. Галилей боялся, что это поразительное открытие украдут еще до публикации, поэтому зашифровал свое наблюдение в такой анаграмме:

Если расшифровать эту фразу и перевести с латыни, получается: «Я обнаружил, что у высочайшей планеты три тела». Галилей следил за спутниками Сатурна несколько лет. В какой-то момент ему показалось, что они похожи на ушки, а в какой-то они вовсе исчезли.

В 1656 году голландский физик Христиан Гюйгенс изучил Сатурн в телескоп, сделанный специально для исследования этой планеты, с куда большим разрешением, чем у Галилея, и первым обнаружил, что спутники Сатурна, похожие на ушки, на самом деле просто плоское кольцо. Гюйгенс поступил точно так же, как и Галилей за сто лет до него, – записал свое потрясающее, но еще не доведенное до совершенства наблюдение в виде шифра. Не прошло и трех лет, как Гюйгенс описал его в своей книге «Systema Saturnium».

Двадцать лет спустя Джованни Кассини, директор Парижской обсерватории, отметил, что колец на самом деле два и они разделены промежутком, который получил название «щель Кассини». И почти двести лет спустя шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл получил престижную премию за то, что доказал, что кольца Сатурна не сплошные, а состоят из многочисленных мелких частиц, которые вращаются по своим собственным орбитам.

К концу XX века ученые выявили семь отдельных колец и дали им буквенные обозначения от А до G. Мало того, обнаружилось, что и сами кольца состоят из многих тысяч полос и колечек.

А все начиналось с «теории ушек».

\* \* \*

В XX веке мимо Сатурна несколько раз пролетали космические аппараты: в 1979 году – «Пионер-11», в 1980 – «Вояджер-1», в 1981 – «Вояджер-2». Взгляд с относительно близкого расстояния показал, что система колец Сатурна гораздо сложнее и запутаннее, чем мы себе представляли. Начнем с того, что частицы в некоторых кольцах сбиваются в узкие полосы, словно овцы в стадо, – и происходит это из-за так называемых спутников-пастухов, небольших спутников, которые вращаются по орбите в толще самого кольца или поблизости. Гравитация спутников-пастухов тянет частицы в кольцо в разные стороны, и от этого

и получают многочисленные стойкие промежутки между кольцами.

Колебания плотности, резонанс орбит и прочие гравитационные фокусы в системах из множеств частиц создают в кольцах и между ними всевозможные временные образования. Например, призрачные тающие «ступицы» в кольце В – их зарегистрировали «Вояджеры», и ученые сочли, что их создает магнитное поле планеты, – загадочным образом не проявились на снимках с близкого расстояния, полученные со станции «Кассини», которая посылает изображения с орбиты Сатурна.

Из чего же сделаны кольца Сатурна? По большей части из водяного льда, хотя к нему примешиваются и кое-какие загрязнения, химический состав которых подобен составу одного из относительно крупных спутников планеты. Космохимия окружающей среды показывает, что когда-то у Сатурна, возможно, было несколько таких спутников. Некоторые из них пропали без вести – возможно, они в поисках утешения подобрались к гигантской планете слишком близко, и их разорвало приливными силами Сатурна.

Кстати, система колец есть не только у Сатурна, но и у других планет. С близкого расстояния видно, что кольца имеются и у Юпитера, Урана и Нептуна – остальных трех газовых гигантов в нашей Солнечной системе. Кольца Юпитера, Урана и Нептуна были открыты лишь в конце 1970 – начале 1980 годов, поскольку, в отличие от величественных и прекрасных колец Сатурна, состоят в основном из каменных пород и частичек пыли, темных и плохо отражающих свет.

\* \* \*

Пространство вокруг планеты чревато опасностями для всех, кроме очень плотных и прочных тел. Как мы увидим в части II, многие кометы и некоторые астероиды напоминают кучи щебня, и приближаться к планетам им очень рискованно. Волшебная дистанция, в границах которой приливные силы планеты превышают гравитацию, благодаря которой подобные бродяги не рассыпаются на куски, называется пределом Роша в честь французского астронома XIX века Эдуарда Альбера Роша, который открыл это явление. Стоит случайно забрести за предел Роша, слишком близко к планете, и тебя разорвет на части, а твои разрозненные останки полетят по собственным орбитам и в конце концов превратятся в широкое плоское круглое кольцо.

Недавно один мой коллега, изучающий системы колец вокруг планет,

сообщил мне печальную новость о Сатурне. Коллега с грустью отметил, что орбиты частиц, которые составляют эти кольца, нестабильны, поэтому пройдет каких-нибудь 100 миллионов лет – с точки зрения астрофизики это ничто – и их не станет. Моя любимая планета лишится того, что делает ее моей любимой планетой! К счастью, оказывается, что кольца, вероятно, пополняются за счет постоянной и, в сущности, бесконечной аккреции межпланетных и межспутниковых частиц. Возможно, система колец и сохранится, даже если отшелушатся составляющие ее частицы, – совсем как кожа у вас на лице.

Снимки крупным планом, полученные с орбитальной станции «Кассини», снабдили нас еще кое-какими сведениями. Какими же? Такими, что от них, по словам Каролины Порко (главы рабочей группы по расшифровке изображений с этой станции и специалиста по планетным кольцам из Института космических исследований в Боулдере, штат Колорадо), «голова идет кругом» и «мороз по коже». В этих кольцах то и дело появляются черты и образования, которых никто не ожидал и которые никто пока не может объяснить: зубчатые кольца с очень острыми краями, конгломераты частиц, то, что кольца А и В состоят из девственно чистого льда, а щель Кассини между ними сплошь грязная. Каролина Порко и ее коллеги рассчитывают, что благодаря новым данным им хватит работы на много лет – и, возможно, им не раз придется с тоской вспоминать, как просто и понятно выглядела картинка с далекого расстояния.

## Глава пятая

### Физика палки, воткнутой в землю

Уже лет сто, а то и двести открытия в астрофизике определяются технологическими достижениями в сочетании с гениальностью ученых – в разных пропорциях. Но давайте представим себе, что никаких технологий у нас нет. Представим себе, что все оборудование вашей домашней лаборатории составляет одна-единственная палка. Что вы можете узнать с ее помощью? Очень много всего.

Набравшись терпения и подойдя к делу тщательно, вы с палкой сможете раздобыть массу сведений о нашем месте в мироздании. Из чего сделана ваша палка, неважно. И какого она цвета – тоже. Требование к ней только одно: она должна быть прямая. Найдите во дворе место, откуда хорошо виден горизонт, и надежно вбейте там палку в землю молотком. Ах да, мы же договорились, что с техническим прогрессом у нас обстоит туго, так что вместо полотка можете взять булыжник. Проверьте, прямо ли стоит палка, не шатается ли.

Первобытная лаборатория готова.

В ясную погоду отметьте положение тени от палки на восходе Солнца, в течение дня и на закате. Сначала тень будет длинная, потом начнет укорачиваться, а затем снова удлиняться, и так до заката. Сбор данных этого эксперимента – дело примерно настолько же увлекательное, что и наблюдение за движением часовой стрелки на циферблате. Но поскольку никаких технических средств у вас нет, отвлекаться вам особенно не на что. Обратите внимание, что когда тень короче всего, это значит, что полдня уже прошло. В этот момент, который называется «местный полдень», тень указывает в точности на север или на юг в зависимости от того, по какую сторону от экватора вы находитесь.

Итак, вы только что создали примитивные солнечные часы. Если хотите выразаться по-ученому, называйте палку красивым словом «гномон» (лично мне больше нравится «палка»). Обратите внимание, что в северном полушарии, где зародилась цивилизация, при движении Солнца по небу тень от палки вращается вокруг основания палки по часовой стрелке. Собственно, часовая стрелка вращается «по часовой стрелке» именно поэтому.

Если погода останется ясной, а у вас хватит терпения повторить это упражнение 365 раз подряд, вы отметите, что Солнце восходит каждый день в другой точке горизонта. И дважды в году тень от палки на восходе

показывает в прямо противоположную сторону, чем на закате. В такие дни Солнце восходит точно на востоке, а садится точно на западе, и день длится ровно столько же, что и ночь. Это дни весеннего и осеннего равноденствия. В остальные дни Солнце встает и заходит в других местах горизонта. Поэтому тот, кто считает, будто Солнце всегда встает на востоке и садится на западе и это так же верно, как дважды два – четыре, просто никогда не наблюдал, что происходит в небе.

Если следить, в каких точках Солнце восходит и заходит, из северного полушария, видно, что эти точки после весеннего равноденствия сползают на север от линии «восток-запад», потом останавливаются, а затем некоторое время сползают на юг. Когда они снова пересекут линию «восток-запад», сползание к югу замедляется, прекращается и опять сменяется сползанием к северу. Этот цикл повторяется ежегодно.

Все это время траектория Солнца меняется. В день летнего солнцестояния Солнце встает и садится в самой северной точке горизонта и проходит по небу выше всего. Поэтому летнее солнцестояние – самый длинный день в году, а тень от палки в полдень этого дня окажется короче всего. Когда Солнце встает и садится в самой южной точке горизонта, его траектория проходит по небу ниже всего, отчего в полдень тень от палки окажется самой длинной. Понятно, что этот день называется зимним солнцестоянием, как же иначе?

На 60 % земной поверхности и примерно для 75 % обитателей Земли Солнце никогда не поднимается прямо над головой. На остальной части планеты – в поясе шириной 5000 км около экватора – Солнце поднимается в зенит лишь два раза в год (ну или ровно один раз в год, если вы живете точно-точно на тропике Рака или тропике Козерога). Спорим, тот, кто считает, будто Солнце встает точно на востоке и заходит точно на Западе, еще и убежден, будто в полдень оно всегда в зените?

Глядите-ка: всего одна палка и неисчерпаемый запас терпения – и вы уже отметили на компасе важнейшие точки и знаете, какие четыре дня знаменуют смену времен года. Теперь надо изобрести какой-то способ замерять интервал между местным полднем сегодня и завтра. Тут бы пригодился дорогой хронометр, но достаточно и хороших песочных часов – одних или нескольких. И тот и другой прибор для измерения времени достаточно точно подскажет, сколько времени нужно Солнцу, чтобы обойти Землю, то есть сколько длятся одни солнечные сутки. Да, в среднем за год они составляют ровно 24 часа. Без учета ежегодно добавляемой секунды координации, чтобы компенсировать замедление вращения Земли за счет гравитационного воздействия Луны на земные океаны.

Вернемся к вашей палке. Мы еще не закончили. Проведите воображаемую линию от верхушки палки к какой-нибудь точке на небе и при помощи своего верного измерителя времени отметьте момент, когда через нее проходит какая-нибудь знакомая звезда из знакомого созвездия. Затем, опять же с помощью измерителя времени, замерьте, когда звезда займет то же положение относительно палки на следующую ночь. Этот интервал, так называемые сидерические сутки, длится 23 часа, 56 минут и 4 секунды. Из-за того, что солнечные и сидерические сутки отличаются почти на четыре минуты, Солнце блуждает на фоне узоров из звезд и создает впечатление, будто в течение года оно навещает разные созвездия по очереди.

При свете дня никаких звезд, кроме Солнца, разумеется, не видно. Но те, которые видны у горизонта сразу после заката или перед самым рассветом, отмечают положение Солнца на небе, поэтому внимательный наблюдатель, наделенный цепкой памятью на звездные узоры, может понять, какие из них окажутся за солнечным диском.

Воспользовавшись в очередной раз прибором для измерения времени, попробуйте проделать с палкой, воткнутой в землю, еще один опыт. Целый год каждый день отмечайте, куда падает тень от верхушки палки в полдень по данным прибора для измерения времени. Оказывается, каждый день положение тени будет меняться, и к концу года у вас получится восьмерка – она называется научным словом «аналемма».

Почему? Потому что земная ось наклонена на 23,5 градуса относительно плоскости солнечной системы. Этот наклон обеспечивает не только привычную смену времен года и отклонения траектории Солнца по небу, но и восьмерку, которая образуется, если отмечать изменчивое положение Солнца в полдень в течение года. Более того, орбита Земли вокруг Солнца – не идеальный круг. А согласно законам движения планет Кеплера, скорость движения Земли по орбите должна быть непостоянной: когда мы приближаемся к Солнцу, она возрастает, а когда удаляемся, снижается. А поскольку период обращения Земли остается неизменным, как скала, чем-то придется пожертвовать – поэтому Солнце не всегда достигает высшей точки в небе именно в «полдень по часам». Изо дня в день это отклонение невелико, однако в иные дни Солнце запаздывает на целые 14 минут. А иногда спешит на целые 16. И лишь четыре дня в году – соответствующие нижней и верхней точке восьмерки и центральному пересечению – время по часам совпадает с солнечным. Так случилось, что эти дни приходятся на 15 апреля (в США в этот день надо подавать налоговую декларацию, но это совпадение), 14 июня

(это День государственного флага Соединенных Штатов – но это тоже совпадение), 2 сентября (День Труда – опять же совпадение) и 25 декабря (понятно, что и к Рождеству это тоже отношения не имеет).

Теперь клонируйте самого себя и свою палку и отправьте своего двойника точно на юг, в заранее выбранную точку далеко за горизонтом. Договоритесь, что вы в один и тот же день и в одно и то же время измерите длину тени от палки. Если окажется, что тени одной длины, значит, вы живете на сверхгигантской или плоской Земле. Если тени разной длины, то при помощи простой геометрии вы вычислите окружность Земли.

Именно так и поступил астроном и математик Эратосфен Киренский (276–194 до н. э.). Он сравнил длину тени в полдень в двух египетских городах – Сиене (ныне Асуан) и Александрии, правда, переоценил расстояние между ними – решил, что оно равно 5000 стадиев. Однако в результате ему удалось вычислить окружность Земли с погрешностью всего 15 %. Само слово «геометрия» в переводе с древнегреческого означает «землемерие».

Вы провозились с палками и камнями уже несколько лет, зато следующий эксперимент займет чуть более минуты. Воткните палку в землю под углом, а не вертикально, чтобы получилась, в сущности, просто палка, воткнутая в землю. Теперь привяжите к ее концу тонкий шнур с камнем. У вас получился маятник. Измерьте длину шнура и качните маятник. Сосчитайте, сколько раз он качнется за 60 секунд.

Оказывается, это число очень слабо зависит от амплитуды колебаний маятника и вообще не зависит от его массы. Играть роль лишь два фактора – какой длины шнур и на какой планете вы находитесь. Воспользовавшись довольно простой формулой, вы сможете вывести ускорение свободного падения на поверхности Земли – собственно, это и есть мера вашего веса. На Луне, где гравитация в шесть раз меньше земной, тот же маятник будет качаться гораздо медленнее и сделает за минуту меньше колебаний.

Отличный способ ощутить пульс планеты.

\* \* \*

Пока что палка не предоставила вам ни одного доказательства, что Земля вращается – она лишь позволила заключить, что Солнце и ночные звезды вращаются с правильными предсказуемыми интервалами.

Для следующего эксперимента вам понадобится палка длиной больше 10 метров. Опять же воткните ее в землю под углом. Привяжите к ее концу тяжелый камень на длинной тонкой веревке. Теперь качните маятник, как и в прошлый раз. Благодаря тому, что веревка длинная и тонкая, а камень тяжелый, маятник сможет беспрепятственно качаться часами.

Если вы внимательно проследите, в каком направлении качается маятник, и проявите колоссальное терпение, то заметите, что плоскость качания медленно поворачивается. С педагогической точки зрения самое удачное место для этого эксперимента – географический Северный (или, соответственно, Южный) полюс. На полюсах плоскость качания маятника совершает один полный оборот за 24 часа – простая мера направления и скорости вращения Земли под ним. Во всех других местах на Земле – кроме экватора – плоскость качания маятника тоже поворачивается, но чем ближе от полюса к экватору, тем медленнее. На экваторе она вообще не поворачивается. Этот опыт не только показывает, что движется именно Земля, а не Солнце, но и позволяет с помощью несложных тригонометрических вычислений ответить на обратный вопрос и вывести из времени поворота плоскости качания маятника географическую широту своего положения на планете.

Первым это проделал Жан-Бернар-Леон Фуко, французский физик, и это, пожалуй, был последний по-настоящему дешевый лабораторный инструмент. В 1851 году Фуко пригласил коллег «прийти в парижский Пантеон и посмотреть, как вертится Земля». Сегодня маятник Фуко качается практически в любом научно-техническом музее в мире.

Учитывая все, что мы можем узнать, наблюдая за простой палкой, воткнутой в землю, что дадут нам более сложные доисторические обсерватории, рассеянные по всему миру? От Европы и Азии до Африки и Латинской Америки изучение древних культур привело к открытию бесчисленных каменных монументов, служивших низкотехнологичными астрономическими центрами, а заодно, скорее всего, и святилищами, а может быть, имели и другую культурную ценность.

Например, в Стоунхендже утром в день летнего солнцестояния несколько камней, составляющих концентрические круги, идеально совпадают с точкой восхода Солнца. Некоторые другие камни указывают на особые точки восхода и захода Луны. Стоунхендж был построен на Солсберийской равнине около 3100 года до н. э. и с тех пор неоднократно перестраивался; в нем есть огромные монолиты, которые явно привезли издалека. Около 80 стел из голубого гранита, по несколько тонн каждая, доставили сюда с холмов Пресели, почти за 400 километров.

Так называемые сарсеновые (песчаниковые) камни весом до 50 тонн прибыли из Мальборо-даунс в 35 километрах отсюда.

О предназначении Стоунхенджа написано очень много. И историки, и наблюдатели-дилетанты восхищаются астрономическими познаниями древних и их способностью перевозить столь неподатливые материалы на такие далекие расстояния. На иных фантазеров Стоунхендж производит до того сильное впечатление, что они даже предполагают, будто в его строительстве участвовали инопланетяне.

Почему древние ученые и жрецы, создавшие Стоунхендж, не взяли какие-нибудь камни попроще и поближе, остается загадкой. Зато удалось разобраться, о каких познаниях и умениях он нам говорит. Основные периоды строительства заняли в сумме несколько сотен лет. Вероятно, около столетия ушло на предварительное планирование. За полтысячи лет вполне можно построить все что угодно, и уже неважно, откуда брать материалы. Более того, астрономические принципы, которые легли в основу планировки Стоунхенджа, не слишком отличаются от всего того, что мы с вами узнали благодаря палке, воткнутой в землю.

Возможно, древние обсерватории неизменно производят такое сокрушительное впечатление на наших современников именно потому, что они плохо понимают, как движутся Солнце, Луна и звезды. По вечерам мы тарачимся в экран телевизора и не обращаем внимания на то, что происходит в небесах. Для нас незатейливая конструкция из грубо отесанных камней, основанная на наблюдениях над небесными телами, – это прямо-таки что-то эйнштейновское. А между тем подлинной загадкой для ученых стала бы цивилизация, которая вообще не оставила бы по себе культурных и архитектурных памятников, связанных с изучением небесной механики.

## **Часть II**

### **Познание природы**

*Почему так трудно разбираться,  
что в мире бывает и чего не бывает*

## Глава шестая

### Из солнечных недр

В повседневной жизни нам редко приходится задумываться о том, какой путь проходит луч света из недр Солнца, где он возникает, до самой поверхности Земли, где он упирается в чьи-нибудь ягоды на жарком пляже. Самая легкая часть пути – это собственно космический вакуум, участок от Солнца до Земли, на преодоление которого уходит 500 секунд. Самая трудная – тернистый путь из центра Солнца к его поверхности, который занимает миллион лет.

В недрах звезд, где минимальная температура составляет примерно 10 миллионов градусов по Кельвину – а в ядре Солнца все 15 миллионов, – ядра водорода, давно уже лишившиеся своих одиноких электронов, разгоняются до таких больших скоростей, что преодолевают естественное отталкивание и сталкиваются друг с другом. Из материи создается энергия, и в результате термоядерного синтеза из четырех ядер водорода (H) возникает одно ядро гелия (He). Опустим промежуточные этапы – и получится, что Солнце говорит нам:



*И стал свет!*

Каждый раз, когда создается ядро гелия, возникают и частицы света – они называются фотонами. В этих фотонах заключено достаточно энергии, чтобы назвать их гамма-лучами – разновидностью света, обладающей самой большой энергией по существующей классификации. Фотоны гамма-излучения, от рождения движущиеся со скоростью света – 300 000 километров в секунду, – волей-неволей начинают пробиваться к поверхности Солнца. Если фотону не мешать, он будет двигаться по прямой. Однако, если что-то встает у него на пути, он либо отражается, либо поглощается, а затем испускается снова. В результате каждого из конкретных вариантов взаимодействия фотон летит в разных направлениях с разной энергией. Учитывая плотность солнечного вещества, средний путь фотона по прямой длится меньше одной тридцатимиллиардной доли секунды (тридцатая часть наносекунды) –

за это время фотон еле-еле успевает пролететь около сантиметра, после чего взаимодействует либо со свободным электроном, либо с атомом.

После каждого взаимодействия направление движения фотона меняется – то ли наружу, то ли в сторону, то ли даже обратно. Как же бесцельно блуждающий фотон умудряется покинуть Солнце? Отчасти это можно понять на примере горького пьяницы, который случайным образом шагает в разные стороны от фонарного столба на углу. Как ни странно, есть вероятность, что пьяница с этим столбом больше не встретится. Если направление его шагов и вправду случайно, расстояние от столба будет мало-помалу увеличиваться.

Нельзя точно предсказать, далеко ли уйдет от столба тот или иной пьяница после того или иного числа шагов, но вполне можно оценить среднюю дистанцию, если, конечно, удастся уговорить достаточно большую выборку пьяниц достаточно долго шагать в случайном направлении на благо науки. Данные покажут, что в среднем расстояние до столба увеличивается пропорционально квадратному корню из общего числа сделанных шагов. Например, если каждый пьяница сделает 100 шагов в случайном направлении, среднее расстояние от столба составит всего 10 шагов. Если 900, среднее расстояние вырастет всего до 30 шагов.

Шаг фотона составляет один сантиметр, поэтому ему придется сделать почти 5 секстильонов шагов, чтобы «случайно пройти» 70 миллиардов сантиметров, отделяющих центр Солнца от поверхности. Совокупный пройденный путь на тот момент составит около 5000 световых лет. Поскольку фотон летит со скоростью света, это путешествие, очевидно, займет у него 5000 лет. Но если учесть при подсчете более реалистичную модель Солнца, например то, что около 90 % массы Солнца помещается в пределах половины его радиуса, поскольку газообразное Солнце сжимается под собственным весом, и добавить время, которое теряется на остановки между поглощением и повторным испусканием фотона, на путешествие у фотона уйдет около миллиона лет. Если бы путь от центра до поверхности Солнца был свободен, он занял бы всего 2,3 секунды.

Уже в 1920-е годы у нас появилось некоторое представление о том, что фотон при попытке выбраться из Солнца должен встретить серьезное сопротивление. А подвести под исследования структуры звезд достаточный физический фундамент, чтобы найти решение этой задачи, удалось весьма колоритной фигуре – британскому астрофизику сэру Артуру Стенли Эддингтону. В 1926 году он написал книгу «The Internal Constitution of the Stars» («Внутреннее устройство звезд») и опубликовал ее сразу после

открытия новой отрасли физики под названием «квантовая механика», однако за 12 лет до того, как источником энергии Солнца был официально объявлен термоядерный синтез. Едва ли не досужие рассуждения Эддингтона во вводной главе отражают если не все детали, то хотя бы общую суть тернистого пути эфирной волны (то есть фотона):

Внутренность звезды – это кипучая смесь атомов, электронов и эфирных волн. Чтобы уследить за всеми фигурами их затейливого танца, нам придется прибегнуть к помощи последних открытий в области атомной физики... Только представьте себе эту суматоху! Растрепанные атомы мечутся со скоростью 50 миль в секунду, от их изысканных одежд из электронов остались лишь лохмотья – их сорвали в толчее. Потерянные электроны разгоняются в сто раз быстрее, чтобы найти новое прибежище. Берегитесь! За [одну десятиллиардную] секунды электрон тысячу раз едва успевает избежать лобового столкновения... Затем... электрон все же попадает в ловушку, присоединяется к атому, его свободной карьере конец. Но лишь на миг. Только-только атом успевает прицепить к своему охотничьему поясу очередной скальп, как на него налетает квант эфирной волны. Взрыв – и электрон снова устремляется навстречу новым приключениям.

*(Eddington 1926, p. 19)*

С тем же жаром и любовью к своему предмету Эддингтон пишет и о том, что эфирные волны – единственные составляющие Солнца, которым предстоит далеко пойти:

Наблюдая эту сцену, мы задаемся вопросом: неужели это и есть величественная драма звездной эволюции? Это куда больше похоже на клоунату, когда комедианты весело разбивают друг о дружку горшки. Комедия положения в атомной физике не очень-то соответствует нашему представлению о прекрасном... Атомы и электроны, как бы ни суетились, никогда никуда не попадут, они лишь меняются местами. Единственная часть населения, которой предстоит хоть чего-то достичь, – это эфирные волны; на первый взгляд они беспорядочно мечутся во все стороны, однако, сами того не замечая, мало-помалу продвигаются к поверхности.

*(Eddington 1926, pp. 19–20)*

На четверть радиуса под поверхностью Солнца энергия в основном перемещается посредством бурной конвекции – процесса, очень похожего на кипение бульона в кастрюле (или на кипение чего угодно в кастрюле). Огромные пласты и комья горячего вещества поднимаются вверх, а другие, более холодные пласты и комья тонут. Наш трудяга-фотон и не подозревает, что пласт вещества, в котором он очутился, проваливается на несколько десятков тысяч километров обратно к центру Солнца и тысячи лет случайных метаний идут насмарку. Верно, конечно, и обратное: благодаря конвекции мечущиеся фотоны могут быстро оказаться у поверхности, что повышает их шансы на побег.

Однако сказание о мытарствах гамма-луча еще не кончено. Температура в центре Солнца составляет 15 миллионов градусов по Кельвину, а у поверхности – 6000 градусов, так что она падает в среднем на одну сотую градуса на метр. При каждом поглощении и испускании фотона высокоэнергичные фотоны гамма-лучей частенько порождают множество фотонов с более низкой энергией – ценой собственного существования. Подобный альтруизм происходит во всем спектре от гамма-лучей, рентгеновских и ультрафиолетовых фотонов до видимого и инфракрасного света. Энергии одного-единственного гамма-фотона хватает на порождение тысячи рентгеновских фотонов, каждый из которых в конечном счете породит тысячу фотонов видимого света. Иначе говоря, к тому времени, как случайные метания выведут один-единственный фотон гамма-луча на поверхность Солнца, он, скорее всего, успеет породить свыше миллиона видимых и инфракрасных фотонов.

В сторону Земли направляется лишь один из полумиллиарда фотонов, вырывающихся из Солнца. Понимаю, на первый взгляд кажется, что это очень мало, но при наших размерах и расстоянии от Солнца Земле достается как раз столько, сколько нужно. А остальные фотоны разлетаются кто куда.

Кстати, газовая «поверхность» Солнца и есть по определению тот самый слой, где случайно шагающие фотоны делают последний шаг перед тем, как вырваться в межпланетное пространство. Только свет из такого слоя способен достичь вашего глаза, беспрепятственно попав туда по прямой, и это позволяет оценить габариты Солнца. В целом свет с большей длиной волны вырывается из более глубоких слоев Солнца, чем свет с более короткой длиной волны. Например, диаметр Солнца

несколько меньше, если оценивать его на основании инфракрасного света, чем по данным видимого света. Не знаю, сказано ли об этом в ваших учебниках, однако приводимые там оценки диаметра Солнца, как правило, предполагают, что габариты измерялись на основании видимого света.

Не вся энергия плодовитых гамма-лучей превращается в фотоны с низкой энергией. Часть этой энергии обеспечивает широкомасштабную бурную конвекцию, которая, в свою очередь, запускает волны давления, которые ударяют в Солнце изнутри примерно как язык в колокол. Тщательные и точные измерения солнечного спектра при постоянном наблюдении показывают, что в нем наблюдаются мельчайшие осцилляции, которые можно толковать примерно так же, как геосейсмологи толкуют звуковые волны, распространяющиеся под землей и вызванные землетрясениями. Закономерности вибрации Солнца необычайно сложны, поскольку одновременно распространяется множество колебаний. Самые трудные гелиосейсмологические задачи лежат в области разложения осцилляций на составляющие, что позволяет определить размеры и структуру внутренних неоднородностей Солнца, которые порождают эти колебания. Это примерно как проводить «анализ» вашего голоса после того, как вы крикнули в открытый рояль. Звуковые волны, порожденные голосом, вызывают вибрации тех струн рояля, у которых диапазон частот совпадает с диапазоном частот вашего голоса.

Организация под названием «Группа по изучению сети глобальных осцилляций» – «Global Oscillation Network Group» или GONG (очередная симпатичная аббревиатура) – запустила координированный проект по изучению солнечных осцилляций. По всему миру – на Гавайях, в Калифорнии, в Чили, на Канарских островах, в Индии и в Австралии, то есть так, чтобы охватывать все временные пояса – размещены солнечные обсерватории с соответствующим оборудованием, которые позволяют вести постоянное наблюдение этих колебаний. Когда ученые наконец-то суммировали результаты наблюдений, оказалось, большинство современных представлений о структуре Солнца находят подтверждение. В частности, то, что перенос энергии осуществляют случайно шагающие фотоны, которые вырываются из внутренних слоев Солнца, а затем выходят и из внешних слоев благодаря масштабной конвекции. Да, некоторые открытия оказываются великими просто потому, что подтверждают то, о чем мы и так догадывались с самого начала.

Героические приключения на пути сквозь Солнце даются одним лишь фотонам, а другим формам вещества и энергии это не по силам. Если бы в подобное путешествие пустились мы с вами, нас, конечно, сразу

расплющило бы насмерть и испарило, а из атомов, составляющих наше тело, вырвали бы все до единого электроны. Если бы не все эти опасности, думаю, билеты в подобный тур распродавались бы мигом. Правда, лично мне достаточно знать все это в теории. Когда я греюсь на солнышке, то делаю это со всем уважением к тому пути, который прошли все фотоны, попадающие на мою кожу, в какую бы анатомическую деталь они ни угодили.

## Глава седьмая

### Парад планет

Когда рассказываешь об исследованиях космоса, трудно найти более занимательный сюжет, чем многовековая история изучения планет – небесных странниц (собственно, слово «планета» происходит от древнегреческого слова, которое значит «блуждающий»), выписывающих круги на фоне звездного неба. Из восьми объектов в нашей Солнечной системе, которые бесспорно признаны планетами, пять видны невооруженным глазом и были известны мыслителям древности – а также наблюдательным троглодитам. Каждая из пяти планет – Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн – получила имя бога или богини, которых напоминала какими-то своими качествами. Например, Меркурий движется на фоне неба быстрее всех, поэтому и получил название в честь римского бога-вестника, которого обычно изображали с крошечными, бессмысленными с аэродинамической точки зрения крылышками на головном уборе и сандалиях. А Марс, единственная красноватая планета из известных в древности, был назван в честь римского бога войны и кровопролития. Земля, разумеется, тоже видна невооруженным глазом. Достаточно посмотреть себе под ноги. Однако *terra firma* долго не входила в сообщество планет и была допущена туда лишь после 1543 года, когда Николай Коперник выдвинул гелиоцентрическую модель Вселенной.

Для бестелескопных страдальцев планеты и были, и есть всего лишь светящиеся точки, которые почему-то движутся по небосводу. Лишь в XVII веке, когда телескопы распространились повсюду, астрономы открыли, что планеты имеют форму шаров. Лишь в XX веке планеты удалось изучить с близкого расстояния при помощи космических зондов. И лишь в XXI веке людям, скорее всего, предстоит на них высадиться.

Первая телескопическая встреча с небесными странницами состоялась у человечества зимой 1609–1610 годов. Едва Галилео Галилей услышал о голландском изобретении 1608 года, как изготовил превосходный телескоп собственной конструкции, в который и увидел, что планеты – это шары, а может быть, даже иные миры. Одна из них, блистательная Венера, проходила фазы, подобные лунным: Венера-полумесяц, Венера во второй четверти, полная Венера. А у другой планеты, Юпитера, были собственные луны, и Галилео открыл четыре самые крупные – это Ганимед, Каллисто, Ио и Европа, названные в честь различных персонажей, в то или иное время сыгравших заметную роль

в жизни Зевса – так звали Юпитера в Древней Греции.

Самое простое объяснение фазам Венеры, как и всем другим особенностям ее движения по небосводу, – утверждение, что планеты вращаются не вокруг Земли, а вокруг Солнца. И в самом деле, наблюдения Галилея подтвердили верность модели Вселенной, какой ее видел Коперник.

Спутники Юпитера продвинули коперникову модель еще на шаг вперед: хотя телескоп Галилея с увеличением всего в 20 крат мог показать спутники всего лишь в виде светящихся точек, прежде никто никогда не видел, чтобы небесное тело обращалось вокруг чего-нибудь кроме Земли. Казалось бы, простое и честное наблюдение над происходящим в небе – однако католическая церковь и «здравый смысл» не могли с этим смириться. Галилей со своим телескопом сделал открытие, противоречащее догмату о том, что Земля – это центр мироздания, точка, вокруг которой вращается все остальное. О своих убедительных находках и соображениях Галилей рассказал в начале 1610 года в коротком, однако судьбоносном труде под названием «Sidereus Nuncius» («Небесный вестник»).

\* \* \*

Когда же модель Коперника приняли повсеместно, устройство небес по праву получило название Солнечной системы, а Земля заняла подобающее ей место – стала одной из шести известных планет. Тогда никто и не предполагал, что их может оказаться больше. В том числе и английский астроном сэр Уильям Гершель, который в 1781 году открыл седьмую.

На самом деле заслуга отчасти принадлежит английскому астроному Джону Флемстиду, первому Королевскому астроному – это он в 1690 году первым сообщил, что видел седьмую планету. Однако тогда он не зарегистрировал, что она движется. Он решил, что это просто очередная звезда, и назвал ее 34 Тельца. Когда Гершель увидел, что «звезда» Флемстида движется на фоне звездного неба, то объявил, что открыл комету, поскольку исходил из невольного предположения, что планеты не входят в список небесных тел, которые в принципе можно открыть. А про кометы все знают, что они движутся и что их то и дело открывают. Новообнаруженное небесное тело Гершель собирался назвать «Georgium Sidus» – «Звезда Георга», в честь своего покровителя, английского короля

Георга III. Если бы астрономическое сообщество пошло навстречу этим пожеланиям, в реестре нашей Солнечной системы значились бы сегодня Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн и Георг. В целях борьбы с низкопоклонством небесное тело называли Ураном, чтобы сохранить единообразие с названиями других планет, хотя некоторые французские и американские астрономы называли Уран «Планетой Гершеля» до 1850 года, когда прошло уже несколько лет после открытия восьмой планеты – Нептуна.

Время шло, телескопы становились больше и мощнее, однако особых деталей на поверхности планет астрономы так и не рассмотрели. Дело в том, что телескопы, даже очень большие, позволяли глядеть на планеты лишь сквозь бурную атмосферу Земли, поэтому даже самые лучшие изображения были несколько затуманены. Однако это не помешало несгибаемым исследователям открыть, например, Большое Красное Пятно на Юпитере, кольца Сатурна, шапки льда на полюсах Марса и десятки спутников планет. И все же познания о планетах были очень скудны – а невежество всегда дает простор для псевдонаучных спекуляций.

\* \* \*

Вспомним хотя бы Персиваля Лоуэлла – это был весьма состоятельный американский предприниматель, астроном и фантазер, который вел свои изыскания на рубеже XIX–XX веков. Имя Лоуэлла навеки связано с марсианскими каналами, венерианскими спицами, поисками планеты X и, разумеется, с Обсерваторией Лоуэлла в городе Флагстафф в штате Аризона.

Подобно множеству исследователей во всем мире, Лоуэлл подхватил выдвинутую в конце XIX века идею итальянского астронома Джованни Скиапарелли, согласно которой линии, различимые на марсианской поверхности, – это canali.

Беда в том, что Лоуэлл неверно понял это слово: в переводе с итальянского оно означает «канавы» или «борозды», а Лоуэлл решил, что это буквально «каналы», поскольку по размеру эти метки, как тогда считалось, были близки к масштабным строительным проектам, которые велись в те годы на Земле. Воображение увлекло Лоуэлла в неведомые дали, и он посвятил свою жизнь наблюдениям и нанесению на карту сети акведуков на поверхности Красной Планеты, которые, конечно, были выстроены развитой марсианской цивилизацией – в это Лоуэлл верил всей

душой. Он полагал, что марсианские города, истощив местные запасы воды, вынуждены были рыть каналы, чтобы доставлять воду из полярных ледников планеты – а тогда о них уже было известно, – в более густонаселенные экваториальные зоны. Верить во все это было очень соблазнительно – и к тому же подобные идеи породили массу прелестных литературных произведений.

Кроме того, Лоуэлл очень увлекался Венерой, которая благодаря густому покрову облаков, прекрасно отражающих свет, входит в число ярчайших объектов на ночном небе. Орбита Венеры проходит относительно близко к Солнцу, поэтому сразу после заката – или перед самым рассветом – Венера сияет на сумеречном небосклоне во всей своей красе. А поскольку сумеречный небосклон сам по себе бывает очень красочным, у службы «911» нет отбою от звонков взволнованных очевидцев, которые только что заметили над горизонтом сверкающий огнями НЛО.

Лоуэлл утверждал, что на Венере видна целая сеть толстых линий, по большей части расходящихся радиально от центрального узла (очередные canali), подобно спицам колеса. Что за спицы он видел, остается загадкой. Дело в том, что больше никто не сумел разглядеть подобных узоров ни на Марсе, ни на Венере. Других астрономов это, впрочем, не настораживало, они знали, что обсерватория Лоуэлла, выстроенная на горной вершине, – одна из лучших в мире. Так что если не видишь на Марсе бурного строительства, которое наблюдает Персиваль, то только потому, что гора у тебя ниже, чем у него, а телескоп слабее.

Разумеется, повторить открытия Лоуэлла не удалось и впоследствии, когда телескопы удалось значительно усовершенствовать. И в наши дни этот эпизод стал расхожим примером того, как стремление поверить пересилило потребность собрать точные, надежные данные. Любопытно, что объяснить, что же происходило в обсерватории Лоуэлла, удалось лишь в XXI веке.

Врач-оптометрист по имени Шерман Шульц из города Сент-Пол в штате Миннесота прочитал статью в июльском выпуске журнала «Sky and Telescope» за 2002 год и написал письмо в редакцию. Шульц указал, что оптическое устройство, сквозь которое Лоуэлл предпочитал смотреть на венерианскую поверхность, было похоже на особый аппарат, при помощи которого врачи обследуют глазное дно пациента. Посоветовавшись с коллегами, Шульц пришел к выводу, что линии, которые Лоуэлл наблюдал на Венере, на самом деле были сетью теней, которые отбрасывали на сетчатку Лоуэлла его же собственные кровеносные сосуды. Если сравнить схему «спиц» на чертежах Лоуэлла с рисунком

кровеносных сосудов глаза, они прекрасно совпадают. А если прибавить к этому еще то неприятное обстоятельство, что у Лоуэлла было повышенное артериальное давление – а это очень заметно по сосудам глаза, – и присовокупить к этому страстное желание поверить в свои открытия, не приходится удивляться, что в фантазиях Лоуэлла и Венера, и Марс кишели разумной жизнью, достигшей значительного технического прогресса.

Увы, и поиски планеты, якобы расположенной за Нептуном – так называемой планеты X – тоже не увенчались успехом. Никакой планеты X не существует, что убедительно доказал астроном Майлс Стэндиш-младший в середине 1990-х годов. Плутон, который открыли в обсерватории Лоуэлла в феврале 1930 года, примерно через 13 лет после его смерти, некоторое время служил вполне приемлемым кандидатом на место планеты X. Однако не прошло и нескольких недель с того дня, когда обсерватория заявила о своем сенсационном открытии, как астрономы принялись спорить, можно ли считать Плутон девятой планетой или все-таки нет. Поскольку мы, сотрудники Роузовского Центра Земли и Космоса – отделения Американского музея естественной истории в Нью-Йорке, – решили, что в нашей экспозиции Плутон будет представлен как комета, а не как планета, я невольно поучаствовал в этих спорах и, смею вас заверить, вопрос до сих пор не решен окончательно. Астероид, планетоид, планетезималь, ледяная планетезималь, крупная планетезималь, малая планета, карликовая планета, гигантская комета, объект из пояса Койпера, транснептуновое тело, метановый снежный ком, туповатая псина по имени Астро из мультфильма про Джетсонов – да что угодно, только не девятая планета, так говорим мы, скептики.

Дело в том, что Плутон слишком маленький, слишком легкий, слишком льдистый, слишком капризный, да и орбита у него слишком вычурная. Кстати, то же самое мы говорим и о недавно открытых серьезных конкурентах Плутона, в том числе – о трех-четырех объектах, орбиты которых, как выяснилось, лежат еще дальше орбиты Плутона, об объектах, которые способны поспорить с Плутоном и по габаритам, и по умению себя вести.

\* \* \*

Шло время, а с ним и технический прогресс. Настали 1950-е годы – и наблюдения радиоволн, а также усовершенствованные методы

астрофотографии поведали нам удивительные факты о планетах. К 1960-м годам и люди, и роботы вышли на околоземную орбиту, и мы получили фамильные фотопортреты планет. Каждый новый факт, каждая фотография позволяли еще чуть-чуть приподнять завесу тайны.

Венера, названная в честь богини любви и красоты, оказалась обладательницей толстой и почти что непрозрачной атмосферы, состоящей в основном из углекислого газа, и эта атмосфера, как выяснилось, давит на поверхность Венеры почти в 100 раз сильнее, чем земная на уровне моря. Хуже того, температура воздуха у поверхности приближается к 500 градусам по Цельсию. Сорокасантиметровая пицца с пепперони испечется на Венере за семь секунд, если просто подержать ее на воздухе (да-да, я все подсчитал). Столь суровые условия сильно затрудняют исследования, поскольку практически все, что мы только можем отправить на Венеру, продержится совсем недолго, а потом испарится, расплавится или сплющится. Так что, если хочешь собрать данные с поверхности этой неприветливой красавицы, нужно быть жаропрочным или по крайней мере очень проворным.

Кстати, то, что на Венере так жарко, отнюдь не случайно. Там свирепствует парниковый эффект, вызванный углекислым газом в атмосфере, который не выпускает инфракрасное излучение. Так что, хотя венерианские облака отражают большую часть поступающего на планету видимого солнечного света, камни и почва на поверхности поглощают весь остаток, которому удается пробиться. А затем снова испускают его в виде инфракрасного света, который накапливается в воздухе, и так и получается постоянно действующая печка для пиццы.

Кстати, мы говорим «венерианский», а не «венерический», что больше соответствует правилам словообразования, поскольку врачи, к сожалению, добрались до этого слова раньше астрономов. Впрочем, стоит ли их винить? Венерические болезни появились гораздо раньше астрономии, которая занимает всего лишь второе место в списке древнейших профессий.

С остальными планетами Солнечной системы мы тоже знакомимся все ближе день ото дня. Первый космический аппарат – «Маринер-4» – пролетел мимо Марса еще в 1965 году, и благодаря ему мы получили первые снимки Красной планеты крупным планом. Не считая фантазий Лоуэлла, до 1965 года никто не знал, как выглядит поверхность Марса, знали только, что она красноватая, с ледниками у полюсов и вся в темных и светлых пятнах. Никто не знал, что там есть горы и система каньонов гораздо шире, глубже и длиннее Большого Каньона. Никто не знал, что там есть вулканы

гораздо больше, чем самый большой вулкан на Земле – Мауна-Кеа на Гавайях, – даже если измерить его высоту с океанского дна. Да и свидетельств, что по поверхности Марса некогда текли потоки воды, у нас оказалось предостаточно: на планете есть извилистые (пересохшие) русла рек длиной и шириной с Амазонку, сеть (пересохших) притоков, (пересохшие) речные дельты и (пересохшие) поймы. Исследовательские марсоходы, шаг за шагом продвигающиеся по пыльным каменистым равнинам, подтвердили, что на поверхности планеты есть минералы, которые формируются лишь с участием воды. Да-да, следы воды повсюду – но ни капельки, чтобы утолить жажду.

И на Марсе, и на Венере что-то произошло. Может быть, и на Земле тоже произойдет? Наш биологический вид обращается с окружающей средой совершенно беспардонно, не задумываясь об отдаленных последствиях. Вероятно, нам не пришло бы в голову задаваться подобными вопросами до изучения наших ближайших космических соседей, Венеры и Марса, которые заставили нас задуматься о собственном поведении.

\* \* \*

Чтобы лучше рассмотреть более далекие планеты, нужны космические зонды. Первыми космическими аппаратами, которые покинули Солнечную систему, были «Пионер-10», запущенный в 1972 году, и его брат-близнец «Пионер-11», запущенный в 1973 году. Оба два года спустя прошли мимо Юпитера, устроив нам замечательную познавательную экскурсию. Вскоре они перейдут отметку в 16 миллиардов километров от Земли – в два с лишним раза дальше расстояния до Плутона.

Однако при запуске «Пионер-10» и «Пионер-11» не обладали достаточными запасами энергии, чтобы улететь далеко за Юпитер. Как же добиться, чтобы космический аппарат улетел дальше, чем хватит его источника энергии? Нацеливаешься, запускаешь ракетные двигатели, и пусть звездолет летит к цели, влекомый гравитационными силами всех объектов в Солнечной системе. А поскольку астрофизики очень точно рассчитывают траектории, зонды черпают энергию в ходе разных маневров, которые задействуют энергию движения по орбите различных планет и запускают аппарат дальше, словно праща. Специалисты по динамике орбит так ловко манипулируют гравитацией, что куда там бывалым бильярдистам.

Благодаря «Пионеру-10» и «Пионеру-11» мы получили очень

качественные снимки Юпитера и Сатурна – с земной поверхности такие сделать невозможно. Однако настоящих кинозвезд из дальних планет сделали другие два зонда-близнеца – «Вояджер-1» и «Вояджер-2», запущенные в 1977 году и снабженные самым разным оборудованием для научных экспериментов и получения изображений. Благодаря «Вояджерам» Солнечная система стала близкой и знакомой целому поколению обитателей Земли. Среди неожиданных сенсаций, которыми мы обязаны этому проекту, – открытие, что спутники внешних планет такие же разные и удивительные, как и сами планеты. Так далекие луны превратились из скучных светящихся точек в целые миры, достойные нашего внимания и восхищения.

Сейчас, когда я пишу эти строки, орбитальная станция «Кассини», запущенная НАСА, вращается вокруг Сатурна и всесторонне изучает и саму планету, и поразительную систему ее колец, и множество ее спутников. Станция «Кассини» оказалась в окрестностях Сатурна благодаря четырем гравитационным «трамплинам» и успешно спустила дочерний зонд под названием «Гюйгенс», разработанный Европейским космическим агентством и названный в честь Христиана Гюйгенса, голландского астронома, открывшего кольца Сатурна. Зонд спустился в атмосферу Титана, самого большого спутника Сатурна, единственного спутника в Солнечной системе, обладающего плотной атмосферой. Химическая среда на поверхности Титана, богатая органическими молекулами, возможно, представляет собой самый близкий доступный нам аналог Земли до зарождения на ней жизни. НАСА планирует запустить и другие сложные космические аппараты, которые проделают то же самое на Юпитере и позволят нам основательно изучить и саму планету, и семьдесят с лишним его спутников.

\* \* \*

В 1584 году в своей книге «О бесконечности Вселенной и мирах» итальянский монах и философ Джордано Бруно высказал предположение о существовании «неисчислимых солнц» и «неисчислимых Земель, которые вращаются вокруг этих солнц». Более того, Бруно заявил, что если исходить из предпосылки о всеблаготворителе и всемогущем Творце, каждая из этих Земель населена живыми существами. За это и другие подобные дерзкие и богохульные высказывания католическая церковь сожгла Бруно на костре.

Однако Бруно был не первым и не последним, кто высказывал такого рода идеи в том или ином виде. В числе его предшественников – и древнегреческий философ Демокрит, живший в V веке до н. э., и кардинал Николай Кузанский, живший в XV веке н. э. А в числе великих последователей, например, немецкий философ XVIII века Иммануил Кант и французский прозаик XIX века Оноре де Бальзак. Бруно просто не повезло родиться в те времена, когда за подобные мысли казнили.

На протяжении XX века астрономы выяснили, что жизнь возможна и на других планетах, как и на Земле, но только если они вращаются вокруг своей звезды в так называемой «обитаемой зоне» – полосе пространства, пролегающей не слишком близко, чтобы вода не испарялась, но и не слишком далеко, чтобы она не замерзала. Жизнь в том виде, в каком знаем ее мы, несомненно, невозможна без воды, однако мы еще предполагали, что жизни обязательно нужен источник энергии в виде солнечного света.

И вот тогда-то мы и открыли, что спутники Юпитера Ио и Европа, а также и другие небесные тела в Солнечной системе, питаются тепловой энергией не только от Солнца. Ио принадлежит рекорд внешней Солнечной системы по вулканической активности, она изрыгает в свою атмосферу сернистые газы и плюется лавой направо и налево. Под ледяной корой Европы, скорее всего, таится океан жидкой воды, насчитывающий миллиард лет. В обоих случаях приливное воздействие Юпитера на твердые спутники накачивает их недра энергией, отчего лед тает и возникает среда, в которой могла бы зародиться жизнь, независимая от солнечной энергии.

Даже прямо здесь, на Земле, обнаружены новые категории организмов под общим названием экстремофилы, которые прекрасно себя чувствуют в условиях, враждебных для человека. Концепция обитаемой зоны опиралась на предубеждение, что для жизни лучше всего подходит именно комнатная температура. Однако некоторым организмам очень по нраву горячие ванны с температурой в несколько сотен с лишним градусов, а при комнатной температуре они прямо-таки чахнут. Для них это мы – экстремофилы. Многие места на Земле, прежде считавшиеся непригодными для жизни, стали домом для подобных существ: это и дно Долины Смерти, и устья горячих источников на дне океана, и свалки ядерных отходов, и многое другое.

Вооружившись знанием о том, что жизнь может появляться в местах гораздо более разнообразных, чем мы думали раньше, астробиологии расширили первоначальные, более строгие представления об обитаемой

зоне. Сегодня мы знаем, что эта зона должна охватывать и суровые условия, которые, оказывается, нужны некоторым микроорганизмам, и широкий диапазон источников энергии, способных поддерживать такие условия. К тому же, как и подозревали Джордано Бруно и другие мыслители, список внесолнечных планет стремительно пополняется. Их уже свыше 150, и все они были открыты примерно за последние десять лет.

Мы вернулись к мысли о том, что жизнь, вероятно, кишит повсюду, как и предполагали наши предки. Однако сегодня мы не рискуем поплатиться за это головой и вдобавок знаем, что жизнь весьма вынослива и обитаемая зона вполне может распространяться на всю Вселенную.

## Глава восьмая

### Бродяги в Солнечной системе

Долгие сотни лет список наших небесных соседей почти не менялся. В него входили Солнце, звезды, планеты, горстка спутников и кометы. Плюс-минус планета-другая, но на общее строение системы это не влияло.

Однако 1 января 1801 года возникла новая категория – астероиды, которым дал это название в 1802 году Джон Гершель, сын сэра Уильяма, первооткрывателя Урана. За следующие два столетия семейный альбом Солнечной системы оказался битком набит данными, фотографиями и биографиями астероидов, поскольку астрономы открывают этих бродяг в огромном количестве, выявляют, откуда они берутся, оценивают их состав, прикидывают габариты, зарисовывают форму, вычисляют орбиты и сбрасывают на них зонды. Некоторые исследователи предполагают также, что астероиды сродни кометам и даже спутникам планет. И вот прямо сейчас, когда вы читаете эти строки, некоторые астрофизики и инженеры разрабатывают методы обороны от крупных астероидов, задумавших нагрянуть к нам в гости без приглашения.

\* \* \*

Чтобы разобраться, как устроены мелкие объекты в Солнечной системе, следует сперва изучить крупные объекты, особенно планеты. Один любопытный факт, касающийся планет, установил и выразил в виде довольно простой математической формулы прусский астроном по имени Иоганн Даниэль Тициус в 1766 году. Несколько лет спустя коллега Тициуса Иоганн Элерт Боде безо всяких ссылок на Тициуса стал рекламировать эту формулу, и ее по сей день часто называют правилом Тициуса-Боде или даже просто законом Боде, совершенно забывая о заслугах Тициуса. Эта удобная и практичная формула дает вполне приемлемую оценку расстояний между планетами и Солнцем – по крайней мере, если речь идет о тех планетах, о которых уже знали в то время, то есть о Меркурии, Венере, Земле, Марсе, Юпитере и Сатурне. В 1781 году распространившиеся знания о законе Тициуса-Боде заметно помогли в открытии Урана, седьмой от Солнца планеты.

Это внушает уважение. Выходит, либо это правило – просто совпадение, либо оно отражает какое-то фундаментальное условие

формирования солнечных систем.

Однако формула не совсем точна.

Проблема номер один: чтобы получить верное расстояние от Солнца до Меркурия, придется немного подтасовать данные – там, где формула требует 1,5, подставить 0. Проблема номер два: Нептун, восьмая планета, оказался гораздо дальше, чем показывает формула, зато примерно там, где должна была бы быть девятая. Проблема номер три: Плутон, который многие упорно называют девятой планетой<sup>[1]</sup>, вообще выпадает из общей схемы, что, впрочем, для него характерно.

Кроме того, по этому закону между Марсом и Юпитером должна быть еще одна планета – на расстоянии около 2,8 астрономических единиц<sup>[2]</sup>.

Воодушевленные открытием Урана примерно на том расстоянии, которое предсказало правило Тициуса-Боде, астрономы в конце XVIII века решили, что хорошо бы исследовать зону в окрестностях 2,8 а. е. И точно – в первый день нового 1801 года итальянский астроном Джузеппе Пиацци, основатель Палермской обсерватории, обнаружил там некое небесное тело. Впоследствии оно исчезло, неразличимое в сиянии Солнца, однако ровно год спустя благодаря блестящим вычислениям великого немецкого математика Карла Фридриха Гаусса его удалось снова найти в другой части небосклона. Все пришли в радостное волнение – триумф математики и триумф телескопов привели к открытию новой планеты! Сам Пиацци назвал ее Церерой в честь римской богини земледелия, придерживаясь традиции давать планетам имена в честь древнеримских божеств.

Но затем астрономы пригляделись повнимательнее, рассчитали орбиту, дистанцию и яркость Цереры и обнаружили, что новая планета очень уж мала. В ближайшие несколько лет в той же зоне были открыты и другие крошечные планеты – Паллада, Юнона и Веста. Гершель дал им название «астероиды» («звездоподобные тела»), и этот термин пусть не сразу, лишь через несколько десятков лет, но все же привился: в отличие от планет, которые в телескопы того времени выглядели как диски, открытые объекты ничем не отличались на вид от звезд за тем лишь исключением, что двигались. Дальнейшие исследования показали, что астероидов очень много, и уже к концу XIX века их открыли 464 – и все в полосе плотной «застройки» в окрестностях 2,8 а. е. А поскольку оказалось, что эта полоса – относительно плоская лента и не распространяется во все стороны вокруг Солнца, будто пчелиный рой вокруг улья, эту зону называли поясом астероидов.

На сегодняшний день в каталоги вошли десятки тысяч астероидов, их открывают по несколько сотен ежегодно. Всего, по некоторым оценкам,

астероидов более километра в поперечнике насчитывается свыше миллиона. Понятно, что при всей насыщенной личной жизни римских богов и богинь у них не насчитаешь 10 000 сердечных друзей, поэтому астрономам уже давно пришлось отказаться от этого источника названий. Так что теперь астероиды называют в честь актеров, художников, философов, драматургов, городов, стран, динозавров, цветов, времен года и всякой всячины. Иногда им дают простые человеческие имена, так что многие люди вправе считать, что в их честь назвали астероид. Например, все, кого зовут Харриет, Джо-Энн или Ральф: существуют астероиды 1744 Харриет, 2316 Джо-Энн и 5051 Ральф, причем цифры обозначают порядковый номер в едином списке астероидов, орбиты которых определены с достаточной точностью.

Дэвид Леви, астроном-любитель из Канады, святой покровитель охотников за кометами и первооткрыватель множества астероидов, оказал мне честь, выбрал из своего запаса астероид и назвал его моей фамилией – 13123 Тайсон. Сделал он это вскоре после того, как мы открыли свой Центр Земли и Космоса, который обошелся в 240 миллионов долларов и предназначен исключительно для того, чтобы показать посетителям космос прямо здесь, на Земле. Жест Дэвида очень тронул меня, к тому же я сразу изучил данные об орбите астероида 13123 Тайсон и выяснил, что он вращается вокруг Солнца в общей массе собратьев и не пересекает орбиту Земли, а значит, из-за него жизни на Земле точно ничего не угрожает. Как-то спокойнее, когда уверен в подобных вещах.

\* \* \*

Из всех астероидов сферической формой обладает одна лишь Церера, она же – самый крупный астероид, ее диаметр составляет около 900 км. Остальные гораздо меньше и имеют грубую, неправильную форму – вроде смешных картофелин или косточек-погрызушек для собак. Любопытно, что на одну Цереру приходится около четверти общей массы астероидов. И даже если подсчитать совокупную массу всех астероидов, которые достаточно крупны, чтобы их разглядеть, плюс всех мелких астероидов, о чьем существовании говорят нам косвенные данные, все равно не наберется на приличную планету. Получится примерно 5 % от массы Луны. Поэтому предсказание, что где-то на расстоянии 2,8 а. е. от Солнца прячется самая настоящая планета, сделанное на основании правила Тициуса-Боде, оказалось несколько преувеличенным.

Большинство астероидов вращается в так называемом «главном поясе» – в зоне между Марсом и Юпитером; эти астероиды состоят целиком из каменных пород, хотя есть и металлические, а есть такие, которые состоят из смеси металла и камня.

Обычно считается, что астероиды формируются из материала, оставшегося с первых дней существования Солнечной системы, – того материала, которому не удалось инкорпорироваться в планету. Однако это объяснение, мягко говоря, неполно и не учитывает того обстоятельства, что некоторые астероиды состоят из чистого металла. Чтобы во всем разобраться, нужно первым делом рассмотреть, как формировались самые крупные небесные тела в Солнечной системе.

Планеты сгустились из облака газа и пыли, обогащенных рассеявшимися остатками взорвавшихся звезд, содержавших заметные количества разных химических элементов. Сжавшееся облако образует протопланету – плотный ком, который притягивает к себе все больше и больше материала и от этого разогревается. С крупными протопланетами происходят две вещи. Во-первых, ком имеет склонность принимать шарообразную форму. Во-вторых, из-за внутреннего жара протопланета остается в расплавленном состоянии так долго, что все тяжелое – прежде всего железо с добавлением никеля и капелькой других металлов, например золота, кобальта и урана, – успевает утонуть и скапливается у центра нарастающей массы. Тем временем все легкое – и гораздо более распространенное, – то есть водород, углерод, кислород и кремний – всплывает к поверхности. Геологи, для которых чем слово длиннее и мудренее, тем лучше, называют этот процесс дифференциацией. Вот так и получается, что ядро дифференцированной планеты вроде Земли, Марса и Венеры состоит из металла, а мантия и кора – в основном из скальных пород и по совокупному объему гораздо больше ядра.

Потом такая планета остывает, и если впоследствии она разрушается, ну, скажем, в результате столкновения с кем-то из соседок, то фрагменты обеих будут вращаться по орбите вокруг Солнца более или менее по тем же траекториям, что и погибшие планеты. Фрагменты будут состоять в основном из камня, потому что получились из толстых внешних каменистых слоев двух дифференцированных небесных тел, однако небольшая их доля окажется цельнометаллической. Именно таково распределение состава между астероидами. Более того, кусок железа не может возникнуть прямо посреди межзвездного пространства, поскольку отдельные атомы железа, из которого он состоит, рассеяны по газовым облакам, из которых формируются планеты, а эти облака

состоят в основном из водорода и гелия. Чтобы атомы железа нашли друг друга и сконцентрировались, необходимо, чтобы сначала возникло жидкое тело, которое впоследствии дифференцируется.

\* \* \*

Но откуда же астрономы-специалисты по Солнечной системе выяснили, что большинство астероидов главного пояса состоит из каменных пород? Как они вообще хоть что-то узнают об астероидах? Главный показатель – альbedo астероида, его способность отражать свет. Астероиды сами по себе не излучают свет, они лишь поглощают и отражают солнечные лучи. Как ведет себя 1744 Харриет – отражает или впитывает инфракрасные лучи? А видимый свет? А ультрафиолет? Разные материалы впитывают и отражают разные части светового спектра по-разному. Если досконально изучить спектр солнечного света (а астрофизики так и делают), а потом тщательно пронаблюдать, каков спектр солнечного света, отражаемого от того или иного астероида (а астрофизики так и делают), то можно выяснить, как изменился первоначальный солнечный свет, и, следовательно, определить, из каких материалов состоит поверхность астероида. А по этим материалам можно узнать, какую долю падающего света отражает поверхность. Эта цифра и расстояние до астероида позволяют рассчитать его размеры. В конечном итоге отталкиваясь от того, насколько ярко блестит астероид в небе, однако он может быть, например, очень большим, но совсем тусклым, или, наоборот, маленьким, но с очень высоким коэффициентом отражения, или ни то ни другое. Поэтому, если не знать его состав, нельзя получить ответ, просто измерив яркость.

Этот метод спектрального анализа поначалу привел к простой классификации – все астероиды поделили на три типа: богатые углеродом астероиды С-типа (от слова «Carboneum» – «углерод»), богатые кремнием астероиды S-типа («Silicium» – «кремний») и металлические астероиды М-типа. Однако в результате более точных измерений возник целый алфавит из доброго десятка классов, в каждый из которых входят астероиды, состав который обладает какой-то конкретной и важной особенностью. И тогда стало понятно, что у многих астероидов несколько предков среди небесных тел, а не одна планета-мать, которая когда-то разбилась вдребезги.

Если знать состав астероида, можно с некоторой уверенностью судить о его плотности. Любопытно, что некоторые оценки размера и массы

астероидов свидетельствуют о плотности меньшей, чем у камня. Логично предположить, например, что у астероидов внутри могут быть пустоты или что их состав неравномерен. Что же к ним подмешано? Может быть, лед? Едва ли. Пояс астероидов находится от Солнца на таком расстоянии, что все ледяное – вода, углекислый газ, аммиак – с плотностью меньше камня должно было давно испариться. Возможно, речь действительно идет о пустотах, и астероиды состоят не только из камней, но и из рыхлого космического мусора, слипшегося с камнями воедино.

Первые подтверждения этой гипотезы были получены на основе анализа изображений шестидесятикилометрового продолговатого астероида под названием Ида, сделанных при помощи космического зонда «Галилео», когда он пролетал мимо нее 28 августа 1993 года. Полгода спустя примерно в 100 километрах от центра Иды было замечено пятнышко, которое оказалось спутником, имеющим форму гальки и диаметром почти два километра! Спутник назвали Дактиль, и это первый зарегистрированный спутник, вращающийся вокруг астероида. Можно ли сказать, что спутники у астероидов – редкость? Если у астероида в принципе может быть один спутник, следует из этого, что их может быть десять или сто? Иными словами, вдруг некоторые астероиды представляют собой груды камней?

Ответ, разумеется, да. Некоторые астрофизики даже говорят, что эти «кучи щебня» – уже появился такой научный термин (в отличие от геологов, астрофизики предпочитают передавать суть, а не нагромождать слоги) – встречаются довольно часто. Один из ярких примеров астероида такого типа – это Психея, общий диаметр которой составляет около 200 км, а коэффициент отражения большой, что заставляет предположить, что она металлическая. Однако средняя плотность Психеи свидетельствует о том, что она более чем на 70 % состоит из пустот.

\* \* \*

Когда изучаешь объекты, которые «живут» вне главного пояса астероидов, довольно быстро наталкиваешься на прочих бродяг Солнечной системы – на астероиды-убийцы, орбиты которых пересекаются с орбитой Земли, на кометы и сонмища спутников. Кометы – это космические снежки. Обычно они имеют в поперечнике всего несколько километров и состоят из смеси замерзших газов, пыли, льда и всевозможных частиц.

В сущности, они могут быть просто астероидами, покрытыми коркой льда, который никогда полностью не испаряется. Вопрос о том, чем считать тот или иной обломок – астероидом или кометой – сводится к тому, где он возник и где побывал. До 1687 года, когда Ньютон опубликовал свои «Начала», где сформулировал закон всемирного тяготения, никто и не представлял себе, что кометы живут и странствуют среди планет и обращаются по сильно вытянутым орбитам, то навещая Солнечную систему, то удаляясь из нее. Обледенелые обломки, которые сформировались на задворках Солнечной системы – как в поясе Койпера, так и за ним, – сохраняют ледяной покров, а если их обнаруживают на характерной вытянутой орбите по пути к Солнцу, когда они оказываются в пределах орбиты Юпитера, за ними виден разреженный, но хорошо заметный «хвост» из водяного пара и других летучих газов. В конце концов, побывав во внутренней части Солнечной системы столько раз, сколько потребуется (может быть, и сотни и даже тысячи), подобная комета растеряет весь свой лед, и останется только каменная глыба. В сущности, многие, если не все, астероиды, орбиты которых пересекаются с орбитой Земли, возможно, представляют собой «истощенные» кометы, чье твердое ядро продолжает преследовать нас.

А есть еще метеориты – летающие космические обломки, которые падают на Землю. Поскольку все метеориты, как и астероиды, состоят из камня, иногда с включениями металла, совершенно очевидно, что их родина – пояс астероидов. Специалистам по геологии планет, изучающим известные астероиды, число которых постоянно растет, стало ясно, что не все орбиты возникают в главном поясе астероидов.

Как любит напоминать нам Голливуд, рано или поздно какой-нибудь астероид (или комета) столкнется с Землей, однако то, что это реальная угроза, мы поняли лишь в 1963 году, когда астрогеолог Юджин М. Шумейкер убедительно доказал, что Аризонский метеоритный кратер Барринджера близ города Уинслоу, возникший 50 000 лет назад, мог быть только результатом падения метеорита, а не вулканической активности или воздействия какой-либо иной геологической силы земного происхождения.

Как мы еще увидим в части 6, открытие Шумейкера вызвало новую волну интереса к пересечениям орбиты Земли с орбитами астероидов. В 1990 годы космические агентства начали отслеживать объекты, близкие к Земле, – кометы и астероиды, чьи орбиты, как деликатно выражаются в НАСА, «позволяют им оказаться по соседству от Земли».

Важнейшую роль в жизни удаленных от нас астероидов и их собратьев играет планета Юпитер. Гравитационный баланс между Юпитером и Солнцем привел к скоплению семейств астероидов на 60 градусов впереди и на 60 градусов позади Юпитера на его орбите вокруг Солнца, так что, если соединить их прямыми линиями с Юпитером и с Солнцем, получится два равнобедренных треугольника. Если измерить эти треугольники, получится, что астероиды находятся на расстоянии 5,2 а. е. и от Юпитера, и от Солнца. Эти пленные небесные тела именуются «троянскими астероидами» и находятся в так называемых точках Лагранжа. Как мы увидим в следующей главе, эти точки – словно магниты, которые притягивают астероиды, попадающие в сферу их притяжения.

Кроме того, Юпитер отводит много комет, которые направляются к Земле. Большинство комет живет в поясе Койпера, который начинается за орбитой Плутона и расстилается очень далеко. Однако если у кометы хватает дерзости пройти близко к Юпитеру, ее швыряет в другую сторону. Если бы не Юпитер, стоящий на часах, кометы бомбардировали бы Землю гораздо чаще. Более того, принято считать, что облако Оорта – обширная популяция комет на самой границе Солнечной системы, получившее название в честь Яна Оорта, голландского астронома, который выдвинул гипотезу о его существовании, – состоит из комет из пояса Койпера, которые вышвырнул вон Юпитер. А орбиты комет из облака Оорта тянутся на половину расстояния до ближайших звезд.

А как же спутники планет? Некоторые из них, по всей видимости, – пленные астероиды, например, Фобос и Деймос, маленькие, тусклые, картофелевидные спутники Марса. Однако у Юпитера есть в распоряжении несколько обледенелых спутников. Нельзя ли классифицировать их как кометы? А Харон, один из спутников Плутона, не слишком уступает размерами самому Плутону. При этом оба покрыты льдом. Вероятно, их стоит считать двойной кометой. Думаю, Плутон и против этого возражать не станет.

Около десятка комет и астероидов исследованы при помощи космических зондов. Первым это сделал американский космический

аппарат «NEAR-Шумейкер» размером с автомобиль (остроумное сокращение NEAR означает «Near Earth Asteroid Rendezvous» – «Рандеву с астероидами поблизости от Земли»), который в 2001 году посетил расположенный неподалеку от нас астероид Эрос – и это отнюдь не случайно произошло перед самым Валентиновым днем. Аппарат опустился на поверхность астероида со скоростью всего 7 километров в час, оборудование его осталось в целости и сохранности, и он смог еще две недели передавать данные на Землю, благодаря чему планетные геологи смогли с определенной уверенностью сказать, что Эрос – астероид длиной около 35 километров – это недифференцированный плотный объект, а не куча щебня. В дальнейшем было осуществлено еще несколько смелых проектов, в том числе запущен зонд «Стардаст», который пролетел сквозь так называемую «кому» – пыльное облако вокруг кометы – и сумел взять пробу из роя крошечных частиц, захватив их при помощи ячеек, заполненных силиконовым аэрогелем. Цель проекта была очень простой – разобраться, какие бывают виды космической пыли, и собрать частицы, не повредив их. Для этого НАСА применило чудесную и удивительную субстанцию под названием аэрогель – больше всего это вещество напоминает рукотворное привидение. Это высушенная силиконовая губка, на 99,8 % состоящая из воздуха. Если пылинка попадает в нее со сверхзвуковой скоростью, то начинает лавировать и в конце концов останавливается, но остается целой и невредимой. А если попробовать остановить ту же самую пылинку бейсбольной перчаткой или чем угодно еще, то пылинка на большой скорости ударится о поверхность и от резкой остановки просто испарится. Как жаль, что при возвращении на Землю «Стардаст» разбился из-за нераскрывшегося парашюта!

Не отстает от американцев в исследовании комет и астероидов и Европейское космическое агентство. Космический аппарат «Розетта», чей полет продлится 12 лет, посвятит два года изучению одной-единственной кометы и соберет о ней небывалое количество информации с близкого расстояния, а затем двинется дальше и осмотрит два астероида в главном поясе.

Каждая встреча с космическими бродягами даст нам весьма конкретные сведения, которые позволят сделать выводы о формировании и эволюции Солнечной системы, о том, какие небесные тела ее населяют, о том, возможно ли, что органические молекулы попали на Землю на метеоритах, а также о размерах, форме и плотности соседних объектов. Как всегда, глубокое понимание зависит не от того, насколько хорошо удастся описать тот или иной конкретный объект, а от того, как этот объект

связан с массивом накопленных знаний и как новые знания влияют на вечно расширяющуюся границу этого массива. Если речь идет о Солнечной системе, то вечно расширяющаяся граница знаний лежит в области поиска иных солнечных систем. Теперь ученые стремятся всесторонне сравнить Землю с космическими бродягами – астероидами и с экстрасолярными планетами. Только тогда мы сумеем наконец разобраться, можно ли считать наш домашний уклад нормальным или мы живем в неблагополучной космической семейке.

## Глава девятая

### Пять точек Лагранжа

Первым пилотируемым космическим кораблем, покинувшим околоземную орбиту, был «Аполлон-8». Этот прорыв до сих пор остается одним из самых значительных, но малоизвестных рекордов XX столетия. Когда настал назначенный миг, астронавты включили третью, последнюю ступень мощной ракеты «Сатурн-V», и командный отсек корабля вместе с тремя его обитателями разогнался до скорости почти в 11 километров в секунду. На то, чтобы добраться до орбиты Земли, была растрочена половина энергии, необходимой, чтобы долететь до Луны.

После сброса третьей ступени двигатели были больше не нужны – только в середине полета необходимо было слегка скорректировать траекторию, чтобы астронавты не промахнулись мимо Луны. На протяжении 90 % путешествия почти в 400 тысяч километров командный отсек постепенно замедлялся под влиянием слабеющей земной гравитации. Тем временем по мере приближения к Луне ее притяжение становилось все сильнее. Поэтому где-то на пути неизбежно должна была быть точка, где взаимное притяжение Земли и Луны уравновешено. Когда командный отсек проходил эту точку в пространстве, его скорость снова возросла и он двинулся в сторону Луны с ускорением.

Если бы при этом приходилось учитывать одну лишь силу гравитации, эта точка была бы единственным местом в системе «Земля-Луна», где противодействующие силы уравновешивают друг друга. Однако Земля и Луна вращаются еще и вокруг общего центра тяжести, который находится примерно в полутора тысячах километров под поверхностью Земли на воображаемой линии, соединяющей центры Луны и Земли. Когда тела движутся по кругу любого радиуса и на любой скорости, они создают новую силу, которая направлена от центра вращения наружу. Именно эту «центробежную» силу вы и ощущаете, когда закладываете крутой разворот в машине или зачем-то соглашаетесь сходить на аттракцион вроде центрифуги или скоростной карусели. Классический пример подобных тошнотворных в буквальном смысле развлечений – это когда вы встаете по периметру большой круглой панели, прижавшись спиной к бортику. Когда все это устройство приходит в движение и раскручивается все быстрее и быстрее, вы чувствуете, как вас все сильнее и сильнее прижимает к бортику. На большой скорости эта сила не даст вам даже пошевелиться. И в этот-то момент у вас из-под ног убирают пол

и начинают качать и переворачивать эту конструкцию в разные стороны. Когда я в детстве катался на таком аттракционе, то даже пальцами пошевелить не мог – они словно приклеились к бортику вместе со всем остальным моим телом.

Если во время подобного развлечения вас по-настоящему вырвет и вы успеете повернуть голову вбок, рвотные массы улетят под углом. Или тоже прилипнут к бортику. А вот если все будет еще хуже и вы не успеете повернуть голову, не исключено, что рвотные массы останутся у вас во рту, поскольку мощная центробежная сила подействует на них в противоположном направлении. (Тут мне пришло в голову, что я давненько не видел именно таких аттракционов. Неужели их наконец-то запретили?)

Центробежная сила – это просто следствие того, что любой предмет имеет тенденцию, придя в движение, двигаться дальше равномерно и прямолинейно, поэтому на самом деле это и не сила вовсе. Однако в расчеты ее можно включать как самую настоящую. И тогда – как сделал гениальный французский математик XVIII века Жозеф-Луи Лагранж (1736–1813) – откроешь во вращающейся системе «Земля-Луна» точки, где гравитация Земли и Луны и центробежные силы уравниваются друг друга. Это особые места, и называются они точками Лагранжа.

Их пять.

Первая точка Лагранжа, которую ласково называют L1, находится между Землей и Луной – чуть ближе к Земле, чем точка простого гравитационного равновесия. Любой объект, попавший туда, будет вращаться по орбите вокруг центра тяжести системы «Земля-Луна» с тем же периодом в один месяц, как и Луна, и поэтому покажется, будто он застрял в пространстве на линии от Земли до Луны. Хотя все силы в этой точке словно бы перестают действовать, первая точка Лагранжа – это точка весьма ненадежного равновесия. Стоит телу чуть-чуть сместиться в сторону в любом направлении, совокупное воздействие трех сил вернет его на прежнее место. Однако если оно даже на самую малость сдвинется по линии «Земля-Луна», то неизбежно упадет или на Землю, или на Луну – словно шарик, с трудом уравновешенный на вершине крутого холма, который скатится либо по одному, либо по другому склону, если сдвинется хотя бы на волосок.

Вторая и третья точки Лагранжа (L2 и L3) тоже лежат на линии «Земля-Луна», однако L2 расположена далеко по ту сторону Луны, а L3 – далеко по ту сторону Земли. Там опять же действуют три силы – гравитация Земли, гравитация Луны и центробежная сила вращающейся

системы. И опять же тело, помещенное в одну из этих точек, будет обращаться вокруг центра тяжести системы «Земля-Луна» с тем же периодом в один месяц, что и Луна.

Гравитационные «площадки» в точках L2 и L3 гораздо просторнее, чем в L1. Так что если вы случайно отклонитесь в сторону Луны или Земли, самой чуточки топлива хватит, чтобы вернуться на место.

Точки L1, L2 и L3 пользуются заслуженным уважением, однако премия «Лучшие точки Лагранжа» достается точкам L4 и L5. Одна расположена далеко слева от центральной линии системы «Земля-Луна», другая на таком же расстоянии справа, и каждая представляет собой вершину равностороннего треугольника, две другие вершины которого – Земля и Луна.

Точки L4 и L5, как и три их сестры, – это точки равновесия всех сил. Однако в точках L1, L2 и L3 равновесие лишь неустойчивое, а в L4 и L5 – устойчивое, и в какую сторону ни пойдешь, куда ни отклонишься, силы не дадут отклониться еще больше: это словно долина между двумя холмами.

Если тело, находящееся в любой точке Лагранжа, расположено не в точности в том месте, где уравниваются все силы, оно будет колебаться в окрестностях точки равновесия и траектория его колебаний называется либрацией. (Не путайте их с определенными точками на поверхности Земли, где умы колеблются под воздействием либаций, то есть возлияний.) Либрации похожи на колебания шарика, который скатывается в лунку, но по инерции проскакивает дальше нижней точки, а потом возвращается обратно.

Мало того что L4 и L5 – это особые точки орбиты, это еще и места, где в принципе можно создать космические колонии. Нужно всего лишь доставить туда строительные материалы, добытые не только на Земле, но, возможно, и на Луне или на каком-нибудь астероиде, оставить их там, не рискуя, что они разлетятся, а потом вернуться с очередной партией. Накопив в точке с нулевой гравитацией достаточно материалов, можно построить огромную космическую станцию размером в десятки километров, причем напряжение в ее конструкции будет минимальным. А если станция будет вращаться, центробежная сила создаст искусственную гравитацию для сотен (а может быть, и тысяч) ее обитателей.

Именно с этой целью в августе 1975 года было создано «Общество L5». Основателями его стали инженеры-энтузиасты Кейт и Кэролайн Хенсон, а запомнилось оно в основном поддержкой идей принстонского

преподавателя физики и рьяного сторонника колонизации космоса Джерарда О'Нила, который написал об этом несколько книг, в том числе классическую работу «Верхний фронт. Человеческие колонии в космосе» (Gerard K. O'Neill, «High Frontier: Human Colonies in Space», 1976). Руководящим принципом «Общества L5» было «распустить Общество на общем собрании в точке L5» – видимо, общее собрание должно пройти на космической станции, и таким образом будет показано, что Общество достигло своей цели. В апреле 1987 года «Общество L5» объединилось с Национальным космическим институтом, и в результате было сформировано Национальное космическое общество, которое существует и по сей день.

Идею расположить крупные космические станции в точках либрации выдвинул еще Артур Кларк в романе «Лунная пыль» (1961). Кларк был знаком с особыми орбитами не понаслышке. В 1945 году он первым рассчитал, на каком расстоянии от поверхности Земли период обращения спутника в точности совпадет с 24-часовым периодом обращения Земли; расчеты заняли четыре страницы и были вручную отпечатаны на пишущей машинке. Спутник на такой орбите «парил» бы над поверхностью Земли и служил бы идеальной ретрансляционной станцией для международной радиокommunikации. Сегодня именно таких спутников связи насчитывается несколько сотен.

Где же находится это волшебное место? Это не низкая околоземная орбита. Те, кто ее занимают, например, Космический телескоп им. Хаббла и Международная космическая станция, облетают Землю примерно за 90 минут. А если тело находится от Земли на том же расстоянии, что и Луна, оно обращается вокруг нашей планеты примерно за месяц. Логично предположить, что где-то между ними расположена орбита, на которой можно поддерживать период обращения в 24 часа. Оказывается, она пролегает в 35 786 километрах над Землей.

\* \* \*

Вообще-то вращающаяся система вроде системы «Земля-Луна» – явление достаточно распространенное. Для вращающейся системы «Земля-Солнце» существует свой набор из пяти точек Лагранжа. Астрофизическим спутникам особенно уютно в точке L2 системы «Земля-Солнце». Точки Лагранжа в этой системе вращаются по орбите между центром тяжести системы с периодом в один земной год. На расстоянии в полтора миллиона

километров от Земли в направлении, противоположном Солнцу, телескоп в точке L2 может наблюдать все ночное небо 24 часа в сутки, поскольку Земля оттуда выглядит такой маленькой, что уже не играет никакой роли. А вот с низкой околоземной орбиты, где вращается телескоп имени Хаббла, Земля так велика, что заслоняет почти половину поля зрения. А Зонд микроволновой анизотропии им. Уилкинсона (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, WMAP) достиг точки L2 системы «Земля-Солнце» в 2002 году и вот уже несколько лет усердно собирает данные о вездесущем реликтовом микроволновом излучении, следствии Большого Взрыва. «Вершина холма» области L2 в системе «Земля-Солнце» еще более просторная и плоская, чем в системе «Земля-Луна». У WMAP осталось всего 10 % топлива, однако этого хватит, чтобы находиться в этой точке неустойчивого равновесия почти сто лет. Сейчас НАСА планирует запуск Космического телескопа им. Джеймса Уэбба, который назван в честь бывшего руководителя НАСА, который стоял во главе агентства в 1960-е годы. Этот телескоп должен сменить телескоп им. Хаббла. Он тоже будет жить и работать в области L2 системы «Земля-Солнце». И даже после его появления там останется достаточно места для новых спутников – десятки тысяч квадратных километров.

А вокруг точки L1 в системе «Земля-Луна» колеблется еще один лагранжелибивый спутник НАСА под названием «Дженезис». Расстояние от Земли до точки L1 составляет полтора миллиона километров в сторону Солнца. В течение двух с половиной лет «Дженезис» был нацелен на Солнце и собирал беспримесное солнечное вещество, в том числе атомы и молекулы из солнечного ветра. Затем материал был переправлен на землю в капсуле, и ее состав изучали точно так же, как должны были изучать образчики вещества с аппарата «Стардаст», который собирал космическую пыль. «Дженезис» позволит подробнее изучить состав первоначального солнечного облака, из которого сформировались Солнце и планеты. Покинув точку L1, капсула с собранным веществом пролетела вокруг точки L2 и вернулась на Землю.

Поскольку точки L4 и L5 – это области устойчивого равновесия, можно предположить, что возле них будет скапливаться космический мусор, так что вести там дела станет довольно рискованно. В сущности, и сам Лагранж предсказывал, что в точках L4 и L5 системы «Солнце-Юпитер» с ее мощной гравитацией будет обнаружен космический мусор. Прошло сто лет – и были открыты первые из «тройных астероидов» Юпитера. Теперь мы знаем, что в областях L4 и L5 системы «Солнце-Юпитер» находится множество астероидов, которые предшествуют

Юпитеру и следуют за ним по орбите вокруг Солнца с периодами, равными периоду обращения Юпитера. Ведут они себя точь-в-точь так, словно их держат на месте какие-то силовые лучи из фантастических романов, – и на веки вечные обречены сидеть на привязи гравитационных и центробежных сил в системе «Солнце-Юпитер». Разумеется, мы не сомневаемся, что в точках L4 и L5 систем «Земля-Солнце» и «Земля-Луна» и в самом деле скапливается космический мусор. Так и есть. Но его несопоставимо меньше, чем в системе «Солнце-Юпитер».

У всего этого есть важный побочный эффект: межпланетные маршруты, которые начинаются в точках Лагранжа, требуют очень мало топлива, чтобы добраться до других точек Лагранжа, а иногда и до других планет. Если запустить космический аппарат из точки Лагранжа, то, в отличие от запуска с земной поверхности, когда львиная доля топлива расходуется только на то, чтобы оторваться от земли, получится похоже на спуск судна из сухого дока, когда оно плавно соскальзывает в океан с минимальными затратами топлива. Современные ученые и инженеры думают скорее не о самодостаточных «колониях Лагранжа» – с людьми и фермами, – а о том, что точки Лагранжа могут послужить воротами в остальную Солнечную систему. От точек Лагранжа в системе «Земля-Солнце» полпути до Марса – если говорить не о расстоянии или времени, а о расходе топлива, который, собственно, все и решает.

Представьте себе такой вариант освоения пространства в будущем: мы расставим во всех точках Лагранжа в Солнечной системе заправочные станции, где путешественники будут пополнять свои запасы топлива по дороге в гости к друзьям и родным на других планетах. Такая модель при всей своей кажущейся утопичности не такая уж и надуманная. Обратите внимание, что если бы по всей стране не были обильно разбросаны автозаправочные станции, то, чтобы пересечь ее от побережья до побережья, вам понадобился бы автомобиль размером с ракету «Сатурн-V»: основной объем и массу вашего транспортного средства составляло бы именно топливо, которое использовалось бы в основном для транспортировки топлива, запасенного на будущее. По Земле мы так не ездим. Возможно, настало время отказаться от такого способа перемещения и в космосе.

## Глава десятая

### И антивещество на что-нибудь сгодится

По-моему, физика элементарных частиц занимает среди прочих естественных наук первое место по количеству смешных терминов. Где еще отрицательный мюон и мюонное нейтрино обмениваются векторным бозоном? Или странный кварк и очарованный кварк обмениваются глюоном?

Параллельно с бесчисленным на первый взгляд множеством частиц с диковинными названиями существует Вселенная античастиц, которые в совокупности называются антивеществом. Несмотря на популярность в научно-фантастической литературе, антивещество совершенно точно не фантастика, а самая настоящая реальность. Правда, оно действительно аннигилирует при контакте с обычным веществом.

Устройство Вселенной говорит об особых романтических отношениях частиц с античастицами. Они рождаются вместе из чистой энергии – и иногда и умирают (аннигилируют) тоже вместе, и их совокупная масса превращается обратно в энергию. В 1932 году американский физик Карл Дэвид Андерсон открыл антиэлектрон (обычно называемый позитроном), положительно заряженную частицу антивещества, соответствующую отрицательно заряженному электрону. С тех пор в ускорителях по всему миру то и дело создавались всевозможные античастицы, однако в целые атомы они начали складываться лишь недавно. Международная исследовательская группа, которой руководит Вальтер Элерт из Юлихского исследовательского центра в Германии, создала атомы, в которых антиэлектрон прекрасно связывается с антипротоном. Знакомьтесь – антиводород! Первые антиатомы были созданы в Женеве, в ускорителе Европейской организации по ядерным исследованиям, известной под сокращенным французским названием ЦЕРН, благодаря которой было сделано много открытий в области физики элементарных частиц.

Суть метода очень проста: надо создать пучок антиэлектронов и пучок антипротонов, столкнуть их при подходящей температуре и плотности и уповать на то, что они соединятся в атомы. В ходе первого раунда экспериментов группа Элерта получила девять атомов антиводорода. Однако в мире, где преобладает обычное вещество, жизнь атома антивещества трудна и полна опасностей. Антиводород прожил менее 40 наносекунд (40 миллиардных секунды), после чего аннигилировал с обычными атомами.

Открытие антиэлектрона стало одним из величайших триумфов теоретической физики, поскольку его существование предсказал всего за несколько лет до этого английский физик Поль А. М. Дирак. Дирак обнаружил два набора решений уравнения для энергии электрона – одно положительное и одно отрицательное. Положительное решение соответствовало качествам обычного электрона, а вот отрицательное поначалу было необъяснимо, у него словно бы не было никаких соответствий в реальном мире.

Уравнения с двумя решениями встречаются сплошь и рядом. Простейший пример: «Какое число при умножении само на себя даст 9?» Три или минус три? Разумеется, оба ответа верные, поскольку  $3 \times 3 = 9$  и  $(-3) \times (-3) = 9$ . Уравнения никогда не гарантируют, что их решения имеют отношение к событиям и явлениям реального мира, но если математическая модель физического явления верна, то манипулировать с ее уравнениями так же полезно, как и манипулировать со всей Вселенной, и при этом куда как проще. Как и в случае с Дираком и антивеществом, подобные опыты часто приводят к гипотезам, которые можно проверить, а если нельзя, значит, от теории придется отказаться. При любом физическом результате математическая модель обеспечивает логичность и внутреннюю непротиворечивость выводов.

\* \* \*

Квантовая теория, она же квантовая физика, возникла в 1920-е годы и представляет собой область физики, которая описывает вещество в масштабе атомных и субатомных частиц. Дирак на основании только что установленных законов квантовой физики постулировал, что иногда фантомный электрон «с другой стороны» появляется в нашем мире под видом обычного электрона, и тогда в «море» отрицательных энергий от него остается дырка. Дирак предположил, что эта дырка экспериментально проявится как положительно заряженный антиэлектрон, впоследствии получивший название «позитрон».

У субатомных частиц много измеряемых качеств. Если у какого-то качества может быть противоположное значение, значит, у античастицы это значение будет противоположным, а все остальные – идентичны «оригиналу». Самый очевидный пример – электрический заряд: позитрон во всем похож на электрон, только у позитрона заряд положительный, а у электрона отрицательный. Подобным же образом антипротон –

античастица протона, несущая противоположный заряд.

Хотите верьте, хотите нет, а античастица есть даже у нейтрона, у которого нет электрического заряда. Называется она – вы угадали – антинейтрон. И он наделен нулевым зарядом, противоположным нулевому заряду обычного нейтрона.

Это арифметическое чудо объясняется тем, из какого набора дробно заряженных частиц (кварков) состоит нейтрон. Кварки, составляющие нейтрон, обладают такими зарядами:  $-\frac{1}{3}$ ,  $-\frac{1}{3}$ ,  $+\frac{2}{3}$ , а кварки, составляющие антинейтрон, такими:  $+\frac{1}{3}$ ,  $+\frac{1}{3}$ ,  $-\frac{2}{3}$ . Каждый набор в сумме дает нулевой заряд, однако, как видите, соответствующие компоненты обладают противоположными зарядами.

Может показаться, будто антивещество берется из ничего. Если у пары гамма-лучей достаточно высокая энергия, они способны взаимодействовать и спонтанно превращаться в пару электрон-позитрон, таким образом превращая очень много энергии в самую чуточку вещества, что и описано прославленной формулой Эйнштейна, выведенной в 1905 году:

$$E = mc^2$$

Что в переводе на простой человеческий язык выглядит как

$$\text{Энергия} = (\text{масса}) \times (\text{скорость света})^2,$$

а в переводе на совсем простой человеческий язык

$$\text{Энергия} = \text{масса} \times (\text{огромное-преогромное число}).$$

На языке первоначальной интерпретации Дирака гамма-лучи вышибают электрон из царства отрицательных энергий, и создается обычный электрон и электронная дырка. Возможно и обратное. Если частица сталкивается с античастицей, они аннигилируют, закрывая дырку и испуская гамма-лучи. Гамма-лучи – это излучение, с которым лучше не связываться. Хотите, докажу? Вспомните Халка, персонажа комиксов, и то, как он стал большим, зеленым и страшным.

Если вам как-то удалось получить немножко античастиц в домашних

условиях, у вас возникнут большие сложности с их хранением, поскольку если вы решите положить античастицы в обычный пакетик, бумажный или полиэтиленовый, или в сумку, они сразу аннигилируют. Лучше поступить вот как: заключить заряженные античастицы в сильное магнитное поле, где они будут отталкиваться от магнитных стенок. Если это магнитное поле в вакууме, то аннигиляция с обычным веществом античастицам не грозит.

Подобный магнитный эквивалент бутылки – самое подходящееместилище и для других веществ, склонных разрушать емкости, куда их помещают, например, для светящегося газа с температурой 100 миллионов градусов, который участвует в экспериментах по термоядерному синтезу (контролируемых). Настоящие трудности с хранением возникают, если создаешь целые (а следовательно, электрически нейтральные) антиатомы, поскольку они при нормальных условиях не отталкиваются от магнитных стенок. Так что лучше всего не смешивать позитроны и антипротоны без крайней необходимости.

\* \* \*

Чтобы создать антивещество, нужно по меньшей мере столько же энергии, сколько получишь, когда оно аннигилирует и снова превратится в энергию. Если не запастись заранее полным баком топлива, двигатели на самогенерирующемся антивеществе мало-помалу съедят всю энергию у вашего звездолета. Мне неизвестно, знали ли об этом создатели оригинальной теле- и киноверсий «Звездного пути», но, помнится, капитан Кирк все время требовал «повысить мощность» генераторов вещества-антивещества, а Скотти постоянно отвечал, что двигатели «не сдюжат».

У нас нет оснований полагать, что свойства антиводорода будут чем-то отличаться от свойств обычного водорода, однако их тождественность тоже пока не доказана. Очевидно, что нужно проверить два обстоятельства: тонкости поведения позитрона в связи с антипротоном – подчиняется ли он всем законам квантовой теории – и силу гравитации антиатома – вдруг у него не обычная гравитация, а наоборот, антигравитация. На атомном масштабе сила гравитации между частицами неизмеримо мала. Все события определяются не силой тяжести, а электромагнитными и ядерными силами, которые неизмеримо сильнее гравитации. Нужно создать столько антиатомов, чтобы из них получились тела макро-

масштаба, и только тогда можно будет измерить свойства больших количеств антивещества и сравнить их со свойствами обычного вещества. Если сделать из антивещества набор биллиардных шаров, а также, разумеется, биллиардный стол и кии, удастся ли отличить антибиллиардную партию от обычной биллиардной? Упадет ли черный шар на пол точно с тем же ускорением, что и обычный черный шар? Будут ли антипланеты вращаться вокруг антизвезды точно так же, как и обычные планеты вокруг обычных звезд?

С философской точки зрения я убежден, что свойства макроколичеств антивещества окажутся тождественны свойствам обычного вещества – нормальная гравитация, нормальная упругость, нормальный свет, нормальный биллиард и так далее. К сожалению, из этого следует, что антигалактика, которая окажется на опасно близком расстоянии с Млечным путем и столкнется с ним, будет неотличима от обычной галактики, пока не станет слишком поздно и уже ничего нельзя будет поделывать. Однако эта страшная участь, судя по всему, не так уж часто постигает галактики во Вселенной, поскольку, например, если одна-единственная звезда аннигилирует с одной-единственной антизвездой, вещество очень быстро и без остатка превратится в гамма-излучение. Две звезды с массой, примерно равной массе Солнца, в каждой из которых содержится около  $10^{57}$  частиц), вспыхнули бы с такой яркостью, что система, получившаяся в результате столкновения, временно превзошла бы по выработке энергии все звезды в сотне миллионов галактик. У нас нет убедительных свидетельств того, что подобное случилось хотя бы раз. Так что, насколько мы можем судить, во Вселенной преобладает обычное вещество. Иначе говоря, когда вы отправитесь в очередное межгалактическое путешествие, опасность аннигиляции при разработке правил техники безопасности можно и не учитывать.

И все же равновесия во Вселенной нет, и это нервирует: в момент создания у любой античастицы всегда есть частица-двойняшка, а вот обычные частицы, похоже, прекрасно обходятся без своих античастиц. Может быть, где-то во Вселенной таятся залежи антивещества, которые и отвечают за дисбаланс? Или в первые мгновения существования Вселенной был нарушен какой-то физический закон (либо действовал какой-то неизвестный физический закон) и это навеки перекосило равновесие в пользу обычного вещества? Ответы на эти вопросы мы, возможно, так и не узнаем, но пока что, если у вас во дворе приземляется инопланетный звездолет и оттуда высовывается в приветственном жесте какое-то щупальце, не спешите его пожимать – лучше бросьте ему

бильярдный шар. Если щупальце взорвется, значит, инопланетянин, скорее всего, состоял из антивещества. Если нет, налаживайте общение и ведите его к своему командиру.

## **Часть III**

### **Нравы и обычаи природы**

*Какой видит природу пытливый ум  
и почему так получается*

## Глава одиннадцатая

### Как важно быть постоянной

Стоит упомянуть слово «постоянная» – и слушателям сразу приходит на ум супружеская верность либо финансовая стабильность, а может быть, старая поговорка, что в жизни нет ничего постоянного, кроме перемен. Между тем у Вселенной есть свои постоянные – неизменные величины, которые постоянно напоминают о себе и в природе, и в математике, числа, чьи значения играют важнейшую роль в научных изысканиях. Одни постоянные – физические, основанные на наблюдениях и измерениях. Другие тоже проливают свет на устройство Вселенной, однако они исключительно численные и происходят из математики как таковой.

Одни постоянные локальны и ограничены, их можно применять всего-навсего в одном контексте, к одному объекту или одной подгруппе. Другие фундаментальны и универсальны и относятся к пространству, времени, веществу и энергии всегда и везде, и благодаря им исследователи получают возможность понимать и предсказывать прошлое, настоящее и будущее Вселенной. Ученым известно лишь несколько фундаментальных постоянных. Первые три места в их списке в памяти большинства из нас занимают скорость света в вакууме, гравитационная постоянная Ньютона и постоянная Планка, основа квантовой физики и ключ к печально знаменитому принципу неопределенности Гейзенберга. Кроме того, в число универсальных постоянных входят заряд и масса всех фундаментальных субатомных частиц.

Всякий раз, когда во Вселенной проявляется какая-либо закономерность причин и следствий, возникает подозрение, что здесь замешана постоянная. Однако, чтобы определить причину и следствие, нужно отделить все изменчивое от неизменного и убедиться, что мы не принимаем за причинно-следственную связь простую корреляцию, какой бы соблазнительной она ни была. В 90-х годах XX века в Германии резко возросла популяция аистов – а еще количество женщин, решивших рожать детей дома, а не в больнице. Так что же, считать, что детишек доставляли аисты? Едва ли.

Зато, убедившись, что постоянная вправду существует, и измерив ее значение, можно строить теории и прогнозировать всевозможные явления, которые мы еще не открыли или о которых даже не задумывались.

Первую неизменную физическую величину, имевшую отношение к устройству Вселенной, открыл немецкий математик Иоганн Кеплер, обладавший мистическим складом ума. В 1618 году, проблуждав десять лет в мистических дебрях, Кеплер обнаружил, что если возвести в квадрат время, которое нужно планете, чтобы обойти вокруг Солнца, эта величина всегда пропорциональна кубу среднего расстояния от планеты до Солнца. И оказалось, что это поразительное соотношение справедливо не только для всех до единой планет в нашей Солнечной системе, но и для всех до единой звезд, вращающихся вокруг центра Галактики, и для всех до единой галактик, вращающихся вокруг центра скопления галактик. Как читатель, вероятно, уже заподозрил, здесь не обошлось без постоянной, о чем Кеплер и не подозревал: в формулы Кеплера закралась ньютонова гравитационная постоянная, которую предстояло открыть лишь через 70 лет.

Вероятно, первой константой, которую вы проходили в школе, было число пи – математическая величина, получившая название в честь греческой буквы  $\pi$  в начале XVIII века. Пи – это всего-навсего отношение длины окружности к ее диаметру. Иначе говоря, пи – множитель, при помощи которого можно по диаметру круга вычислить длину окружности или наоборот. Кроме того, с числом пи мы постоянно сталкиваемся и в обычной жизни, и в разных интересных ситуациях – всегда, когда речь идет о кругах и эллипсах, об объемах некоторых геометрических тел, о движении маятников, о дрожании струн и об анализе электрических контуров.

Пи – не целое число, оно обладает бесконечной последовательностью неповторяющихся десятичных знаков; если оборвать эту последовательность так, чтобы в нее вошли все арабские цифры, получится 3,14159265358979323846264338327950. В любые времена, при любом месте жительства и национальности, в любом возрасте и при любых эстетических предпочтениях, при любом вероисповедании и любых политических пристрастиях, будь ты хоть республиканец, хоть демократ, стоит подсчитать число пи – и получишь тот же ответ, что и кто угодно другой во всей Вселенной. Постоянные вроде пи обладают таким уровнем глобализации, о какой человеку и мечтать нечего, мы его все равно никогда не достигнем – и именно поэтому, если людям когда-нибудь придется налаживать коммуникацию с инопланетянами, общение, скорее всего,

пойдет на языке математики, космическом «лингва франка».

Итак, число  $\pi$  мы называем иррациональным. Его нельзя представить в виде дроби двух целых чисел – наподобие  $\frac{2}{3}$  или  $\frac{18}{11}$ . Однако математики древности, не подозревавшие о существовании иррациональных чисел, определяли число  $\pi$  приблизительно в виде дробей –  $\frac{25}{8}$  (вавилоняне, около 2000 г. до н. э.) или  $\frac{256}{81}$  (египтяне, около 1650 г. до н. э.) Затем, уже около 250 г. до н. э., греческий математик Архимед, проделав трудоемкие геометрические построения, нашел не одну дробь, а две –  $\frac{223}{71}$  и  $\frac{22}{7}$ . Архимед понимал, что точное значение  $\pi$ , которое сам он не сумел найти, лежит где-то посередине.

В Библии также содержится примерная оценка числа  $\pi$  – если учесть научные достижения того времени, можно сказать, довольно грубая. При описании убранства храма царя Соломона читаем: «И сделал литое из меди море, – от края его до края его десять локтей, – совсем круглое, вышиною в пять локтей, и снурок в тридцать локтей обнимал его кругом» (III Царств, 7:23). То есть диаметр составлял 10 единиц, а окружность 30 – такое могло быть лишь в том случае, если бы  $\pi$  равнялось трем. Прошло три тысячи лет, и в 1897 году нижняя палата законодательного органа штата Индиана издала законопроект, согласно которому в «Штате верзил», как принято называть Индиану, «диаметр и окружность относятся как пять четвертей к четырем» – то есть число  $\pi$  в точности равно 3,2.

Однако оставим в стороне законодателей, которые были заиклены на десятичных дробях. Даже величайшие математики, в том числе великий персидский ученый IX века Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми, чье имя увековечено в слове «алгоритм», и даже сам Ньютон, упорно пытались повысить точность вычисления  $\pi$ . Разумеется, огромный рывок в решении этой задачи был достигнут с появлением электронных вычислительных машин, то есть компьютеров. К началу XXI века количество известных цифр числа  $\pi$  перешло отметку в триллион, превысив точность, необходимую для любого мыслимого применения этого числа в физике, если не считать исследования, будет ли когда-нибудь эта последовательность похожа на случайную (фанаты числа  $\pi$  интересуются даже этим).

\* \* \*

Ньютон внес в науку куда более существенный вклад, нежели вычисление числа  $\pi$ : это, конечно, три фундаментальных закона движения

и один закон всемирного тяготения. Все четыре закона впервые были сформулированы в основополагающем труде Ньютона «Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica» или просто «Principia» («Начала»), увидевшем свет в 1687 году.

До «Начал» Ньютона ученые, занимавшиеся наукой, которая тогда называлась «механика», а впоследствии – «физика», просто описывали, что видели, уповая на то, что в следующий раз все произойдет примерно так же. Однако, вооружившись ньютоновыми законами движения, они получили возможность описывать соотношения между силой, массой и ускорением при любых условиях. В науке появилась предсказуемость. Как и в жизни в целом.

В отличие от первого и третьего законов, второй закон Ньютона представляет собой уравнение:

$$F = m a$$

В переводе на простой человеческий язык это означает, что равнодействующая сила  $F$ , прилагаемая к телу данной массы  $m$ , приведет к тому, что это тело будет двигаться с ускорением  $a$ . В переводе на еще более простой человеческий язык – чем больше сила, тем больше ускорение. И шагают они нога в ногу: если удвоить силу, действующую на тело, ускорение тоже удвоится. Масса тела служит в уравнении постоянной, позволяющей вычислить, какого именно ускорения следует ожидать при той или иной силе.

А что если масса тела не постоянна? Запусти ракету – и ее масса будет падать по мере расхода топлива. А теперь смеха ради представим себе, что масса меняется, даже если не отбирать у тела составляющее его вещество. Это происходит в рамках специальной теории относительности Эйнштейна. В ньютоновой Вселенной масса любого тела принадлежит ему на веки вечные. Во Вселенной, где правит относительность Эйнштейна, у тел есть неизменная «масса покоя» (она же «масса» из уравнений Ньютона), к которой прибавляется все новая и новая масса в соответствии со скоростью движения тела. Происходит вот что: если ускорить тело во Вселенной Эйнштейна, его сопротивление ускорению повышается, а в уравнении это проявляется как увеличение массы тела. Об этих «релятивистских» эффектах Ньютон знать не мог, поскольку они становятся заметны только при скоростях, сопоставимых со скоростью света. Для Эйнштейна они означали, что на сцену выходит еще одна

постоянная – скорость света. Она заслуживает отдельного рассказа – но это как-нибудь в другой раз.

\* \* \*

Ньютоновы законы движения, как и многие другие физические законы, очень просты и понятны. Закон всемирного тяготения несколько сложнее. Согласно этому закону, сила гравитационного притяжения между двумя любыми телами – будь то пушечное ядро и Земля или Земля и Луна, два атома или две галактики – зависит только от масс этих двух тел и расстояния между ними. А точнее, сила тяготения прямо пропорциональна произведению масс взаимодействующих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Эти пропорции позволяют понять, как устроена природа: если сила гравитационного притяжения между двумя телами на одном расстоянии равна некоей величине  $F$ , то при удвоении расстояния она равна одной четверти  $F$ , а при утроении – одной девятой  $F$ .

Однако этих сведений недостаточно, чтобы посчитать точное значение силы. Нужна постоянная – в данном случае так называемая гравитационная постоянная  $G$ .

Открытие соотношения между массой и расстоянием было одним из гениальных открытий Ньютона, но измерить значение постоянной  $G$  Ньютон никак не мог. Для этого ему пришлось бы знать все остальные величины в уравнении, и тогда  $G$  была бы полностью определена. Однако во времена Ньютона знать все остальные величины было невозможно. Измерить массы двух пушечных ядер и расстояние между ними проще простого, однако сила взаимного притяжения у них так мала, что ее не могли зарегистрировать никакие тогдашние приборы. Можно было бы измерить силу притяжения между ядром и Землей – но никто не знал в точности массу Земли. Так было более ста лет после публикации «Начал», до самого 1798 года, когда Генри Кавендиш, английский физик и химик, сумел вычислить  $G$  с достаточной точностью. Для этого он проделал опыт, ставший знаменитым: собрал прибор, основная часть которого представляла собой что-то вроде гантели из пары свинцовых шариков примерно по пять сантиметров в диаметре. Гантель была подвешена на тонкой вертикальной струне за середину, так что вся конструкция могла вращаться туда-сюда. Все это Кавендиш поместил в воздухонепроницаемый кожух, а снаружи к нему поднес (наискосок

относительно гантели) два больших свинцовых шара – почти по 30 сантиметров в диаметре. Гравитационное воздействие внешних шаров должно было потянуть гантель и скрутить струну, на которой она висела. Самое точное измерение, которое получил Кавендиш, с трудом позволяло определить величину  $G$  в виде четырех десятичных знаков на конце целой цепочки нулей. В кубических метрах на килограмм на секунду в квадрате это значение составило 0,00000000006754.

Придумать подходящую установку для эксперимента было совсем не просто. Гравитация так слаба, что ее практически не уловить, и ее проявления в ходе эксперимента вполне могло затереть даже легчайшее дуновение воздуха внутри лабораторного кожуха. В конце XIX века венгерский физик Лоранд Этвеш построил новый, усовершенствованный аппарат Кавендиша и несколько повысил точность  $G$ . Прodelать этот опыт так трудно, что даже сейчас  $G$  удается вычислить лишь с точностью до нескольких дополнительных знаков после запятой. Самые свежие результаты получены в результате экспериментов, которые провели Йенс Гундлах и Стивен Мерковиц в Вашингтонском университете в Сиэттле. Они видоизменили установку и получили значение 0,000000000066742. То, что гравитация очень слаба, никакое не преувеличение: как отмечают Гундлах и Мерковиц, сила гравитации, которую им нужно было измерить, эквивалентна весу одной-единственной бактерии!

Зная  $G$ , можно вывести самые разные величины – и, в частности, массу Земли, что и составляло конечную цель Кавендиша. По оценкам Гундлаха и Мерковица, она составляет около  $5,9722 \times 10^{24}$  килограммов, и эта оценка за прошедшие 15 лет уже почти не поменялась.

\* \* \*

Многие физические постоянные, открытые за последние сто лет, связаны с силами, влияющими на субатомные частицы – а в этом царстве правит не точность, а вероятность. Самую важную постоянную открыл в 1900 году немецкий физик Макс Планк. Постоянная Планка, которую принято обозначать буквой  $h$ , легла в основу квантовой механики, однако Планк обнаружил ее, когда исследовал на первый взгляд скучное соотношение между температурой тела и диапазоном энергии, которую оно излучает.

Температура тела – это и есть мера средней кинетической энергии его непоседливых атомов и молекул. Разумеется, в пределах этой средней

величины одни молекулы колеблются очень быстро, а другие относительно медленно. Вся эта кипучая деятельность порождает море света, разлитого в широком диапазоне энергий, в точности как частицы, испускающие эти энергии. Когда температура становится достаточно высокой, тело начинает светиться в видимом диапазоне. Во времена Планка одной из главных задач физики было исследование полного спектра этого света, в особенности полос с самой высокой энергией.

Идея Планка состояла в том, что описать весь диапазон излучаемого света одним уравнением можно только в том случае, если предположить, что сама энергия квантована – то есть делится на крохотные единички, которые дальше делить нельзя: на кванты.

Стоило Планку ввести в свою формулу спектра энергии постоянную  $h$ , как она стала появляться повсюду. В частности,  $h$  необходима для квантового описания и понимания природы света. Чем выше частота света, тем выше и энергия: диапазон наибольших частот – это гамма-лучи, самое опасное для жизни излучение. Радиоволны, диапазон наименьших частот, пронизывают вас ежедневно и ежесекундно без малейшего вреда. Высоочастотное излучение именно потому и вредно, что несет больше энергии. Насколько больше? Прямо пропорционально частоте. А каков показатель этой пропорциональности? Это и есть постоянная Планка –  $h$ . И если вы считаете, что постоянная  $G$  как показатель пропорциональности очень мала, взгляните, как выглядит самая точная на данный момент оценка  $h$  (с ее родной размерностью – килограмм, умноженный на метр квадратный в секунду): 0,00000000000000000000000000000000000066260693.

Одно из самых поразительных, самых неожиданных проявлений постоянной Планка в природе – это так называемый принцип неопределенности, который первым сформулировал немецкий физик Вернер Гейзенберг в 1927 году. Принцип неопределенности задает условия неизбежного космического компромисса: для некоторых пар взаимосвязанных фундаментальных физических величин – например, для координаты и скорости или энергии и времени – невозможно точно вычислить значения обеих величин сразу. Иными словами, если снизить неопределенность для одной составляющей такой пары (например, для координаты), придется довольствоваться более приближительной оценкой ее партнера (скорости). И именно  $h$  задает пределы доступной точности. Когда измеряешь что-то в обычной жизни, особых компромиссов не требуется. Но стоит спуститься на уровень атомов, как крошка  $h$  начинает всю диктовать свои условия.

В последние десятилетия ученые начали искать доказательства, что постоянные со временем меняются – хотя на первый взгляд кажется, будто такой подход внутренне противоречив или вовсе нездоров. Тем не менее в 1938 году английский физик Поль А. М. Дирак предположил, что значение не чего-нибудь, а самой ньютоновой постоянной  $G$ , вероятно, уменьшается с возрастом Вселенной. Сегодня поиски переменчивых постоянных стали у физиков настоящим хобби. Одни ищут постоянные, которые меняются со временем, другие – следы изменений в зависимости от места, третьи исследуют, как ведут себя физические формулы в доселе неисследованных областях. Рано или поздно будут получены какие-то надежные результаты. Так что держите руку на пульсе – вот-вот появятся новости о непостоянстве постоянных.

## Глава двенадцатая

### Ограничения скорости

В жизни встречаются вещи, которые могут летать быстрее пули – в том числе космические корабли или, скажем, Супермен. Однако никто и никогда не движется быстрее света в вакууме. Никто и никогда. Хотя свет, конечно, движется очень быстро, скорость его не бесконечна. А поскольку у света есть скорость, астрофизики знают, что заглядывать очень-очень далеко в пространстве – это все равно что смотреть в прошлое. И если достаточно точно оценить скорость света, можно приблизиться к хорошей оценке возраста Вселенной.

Все это играет роль не только в космических масштабах. Конечно, когда щелкаешь выключателем, не приходится долго ждать, пока свет достигнет пола. Однако в одно прекрасное утро, когда сидишь и завтракаешь и хочется подумать о чем-нибудь новом и интересном, можно поразмышлять над тем, что видишь собственных детей, которые сидят напротив, не такими, каковы они сейчас, а такими, каковы они были когда-то – примерно три наносекунды назад. Казалось бы, сущая ерунда, однако если понаблюдать за детишками в соседней галактике Андромеда, то пока разглядишь, как они едят свои кукурузные хлопья, дети постареют на два с лишним миллиона лет.

Если отбросить знаки после запятой, то скорость света в вакууме составляет 299 792 километра в секунду. Чтобы получить эту величину с такой точностью, потребовались столетия кропотливой работы. Однако мыслители задумывались о природе света задолго до того, как научные методы и инструменты достигли нынешних высот: что есть свет – свойство воспринимающего глаза или эманация предмета? Это волна или поток частиц? Свет перемещается или просто возникает? А если перемещается, то насколько далеко и с какой скоростью?

\* \* \*

В середине V века до н. э. философ, поэт и ученый Эмпедокл, далеко опережавший свое время, задался вопросом, не может ли быть такого, что свет перемещается с некой скоростью и ее можно измерить. Однако миру пришлось дожидаться Галилея, который был сторонником эмпирического подхода к приобретению знаний. Он-то и поставил

эксперимент, позволивший, так сказать, пролить свет на этот вопрос.

Об этом эксперименте Галилей писал в своей книге «Математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки», вышедшей в 1638 году. Темной ночью два человека, взяв по горящему светильнику, которые можно быстро заслонять и открывать, стоят далеко друг от друга, но так, чтобы оставаться в зоне видимости. Первый быстро открывает и снова заслоняет свет своего светильника. Второй, завидев этот свет, в тот же миг открывает и снова заслоняет свой светильник. Проведя этот опыт всего один раз на расстоянии меньше мили, Галилей пишет:

Мне удалось произвести его лишь на малом расстоянии... почему я и не мог убедиться, действительно ли появление противоположного света совершается внезапно. Но если оно происходит и не внезапно, то, во всяком случае, с чрезвычайной быстротой, почти мгновенно...

*(Пер. С. Долгова)*

Доводы Галилея были весьма разумны, тут спорить не приходится, однако они с помощником стояли слишком близко друг к другу, чтобы замерить время, за которое свет проходит от одного наблюдателя к другому, особенно если учесть, как несовершенны были тогдашние хронометры.

Прошло несколько десятков лет, и датский астроном Оле Рёмер поставил более точный эксперимент – он наблюдал орбиту Ио, ближайшего спутника Юпитера. Астрономы следят за движением спутников вокруг этой планеты-гиганта с января 1610 года, когда Галилей увидел в свой новенький телескоп четыре самых крупных и ярких из этих небесных тел. Годы наблюдений показали, что для Ио средняя продолжительность одного оборота – интервал, который легко замерить, с момента исчезновения спутника за Юпитером до момента следующего его исчезновения, – составляла всего около 42,5 часов. А Рёмер обнаружил, что когда Земля находится ближе к Юпитеру, Ио исчезает примерно на 11 минут раньше ожидаемого, а когда Земля находится дальше всего от Юпитера, Ио исчезает примерно на 11 минут позднее.

Рёмер рассудил, что положение Земли относительно Юпитера едва ли влияет на поведение Ио на орбите, поэтому, как видно, в неожиданных отклонениях повинна скорость света. Выходит, этот диапазон в 22 минуты и составляет время, за которое свет проходит диаметр земной орбиты. Из этого предположения Рёмер вывел скорость света примерно

в 210 000 километров в секунду. Это всего на 30 % отличается от верного ответа, что очень неплохо для первой оценки в истории и уж точно гораздо лучше, чем галилеево «почти мгновенно».

Практически все оставшиеся сомнения в ограниченности скорости света снял Джеймс Брэдли, третий Королевский астроном Великобритании. В 1725 году Брэдли систематически наблюдал звезду под названием Гамма Дракона и отметил сезонный сдвиг в позиции звезды на небосклоне в зависимости от времени года. На то, чтобы разобраться, что происходит, у Брэдли ушло три года, однако в конце концов он объяснил сдвиг сочетанием постоянного движения Земли по орбите с конечной скоростью света. Так и получилось, что Брэдли открыл аберрацию звездного света.

Поясню на примере. Идет дождь, вы сидите в машине в огромной пробке. Вам скучно, поэтому вы (а как же иначе?) высовываете из окна большую пробирку и ловите туда дождевые капли. Если ветра нет, дождь падает вертикально, и если вы хотите собрать как можно больше воды, то держите пробирку в вертикальном положении. Капли попадают в нее сверху и падают прямо на дно.

Наконец пробка рассасывается, и ваша машина снова разгоняется до допустимой скорости. Опыт учит вас, что вертикально падающий дождь теперь будет оставлять на боковых окнах машины косые потеки. Теперь, если вы хотите набрать побольше воды, придется наклонять пробирку под тем углом, который соответствует дождевым потекам на стекле. Чем быстрее движется машина, тем больше угол.

В этом примере движущаяся Земля – это движущаяся машина, телескоп – это пробирка, а попадающий в него солнечный свет можно уподобить падающим дождевым каплям, поскольку движется он не мгновенно. А значит, чтобы поймать звездный свет, нужно наклонить телескоп под соответствующим углом, нацелить его не прямо на звезду на небосклоне, а немного в сторону. Может показаться, что наблюдение Брэдли отдает эзотерикой, однако он первым подтвердил – причем подтвердил не по индукции, а при помощи непосредственных измерений – две важные астрономические гипотезы: что скорость света конечна и что Земля движется по орбите вокруг Солнца. А кроме этого, Брэдли еще и измерил скорость света куда точнее – у него получилось 300 000 километров в секунду.

\* \* \*

К концу XIX века физики уже прекрасно понимали, что свет, в точности как и звук, распространяется волнами, и предположили, что если звуковым волнам нужна какая-то среда, чтобы было где распространяться, например воздух, световым волнам тоже нужна какая-то среда. Иначе как волне распространиться по космическому вакууму? Эта загадочная среда получила название «светоносный эфир», и физик Альберт Майкельсон совместно с химиком Эдвардом Морли поставили перед собой задачу экспериментально подтвердить его существование.

Несколько раньше Майкельсон изобрел прибор под названием интерферометр. Одна из версий этого устройства расщепляет луч света и посылает две его половины в стороны под прямым углом. Каждая часть отражается от зеркала и возвращается на светоделитель, а тот снова смешивает два луча для анализа. Интерферометр дает экспериментатору возможность делать необычайно точные измерения любых отклонений скорости двух световых лучей – то есть, если хочешь обнаружить эфир, лучше установки не придумаешь. Майкельсон и Морли думали, что если направить один луч в сторону вращения Земли, а другой против, скорость первого луча будет складываться со скоростью движения Земли сквозь эфир, а скорость второго останется без изменений.

Так вот, М&М получили нулевой результат. То, что лучи были направлены в противоположных направлениях, вообще никак не сказалось на их скорости – и тот и другой вернулись на светоделитель в точности в одно и то же время. Движение Земли сквозь эфир не оказало ровным счетом никакого воздействия на измеряемую скорость света. Неловко вышло. Если предполагалось, что эфир способствует передаче света, а зарегистрировать это не удалось, может быть, никакого эфира вообще не существует? Оказалось, что свет распространяется сам по себе, для того чтобы луч переместился в вакууме из одной точки в другую, не нужны ни среда, ни колдовство. И светоносный эфир отправился на свалку истории, где уже покоились прочие научные идеи, не выдержавшие проверки временем.

Благодаря своей изобретательности Майкельсон еще и повысил точность измерения скорости света – у него получилось 299 982 километра в секунду.

\* \* \*

Начиная с 1905 года исследования поведения света стали приносить

поистине жутковатые результаты. В этом году Эйнштейн обнародовал специальную теорию относительности, согласно которой из нулевого результата М&М следовали поистине потрясающие выводы. Эйнштейн объявил, что скорость света в пустом пространстве – универсальная постоянная, которая не зависит ни от скорости движения источника света, ни от скорости человека, который производит измерения.

Предположим, Эйнштейн прав – и что же? Ну, например, если вы летите в звездолете со скоростью в половину скорости света и выпускаете луч света из прожектора на носу, то и мы с вами, и все прочие обитатели Вселенной, кому взбретет в голову измерить скорость луча, намеряем ровно 299 792 километров в секунду. Мало того – если вы зажжете прожектора по бокам, сверху и на хвосте своего звездолета, все мы по-прежнему намеряем ту же скорость.

В голове не укладывается.

Здравый смысл говорит, что если выстрелить из пистолета прямо по ходу движущегося поезда, скорость пули относительно земли будет равна скорости пули *плюс* скорость поезда. А если выстрелить назад против хода движения поезда, то скорость пули относительно земли будет равна ее скорости *минус* скорость поезда. Все это верно для пуль, однако, согласно Эйнштейну, не относится к свету.

Эйнштейн, конечно, был прав, и следствия из его теории поистине головокружительны. Если все, всегда и повсюду измеряют одну и ту же скорость луча света, выпущенного из воображаемого звездолета, это приводит к множеству странностей сразу. Прежде всего, при увеличении скорости звездолета длина всего – и ваша, и ваших измерительных приборов, и самого звездолета – сокращается по направлению движения, и это видят все остальные. Более того, и время в вашей системе отсчета замедляется ровно настолько, чтобы вы, достав сократившуюся рулетку, простодушно намеряли ту же самую старую добрую постоянную скорость света – а иначе никак. Перед нами вселенский заговор на самом высшем уровне.

\* \* \*

Методы измерений становились все совершеннее, и вскоре к скорости света добавлялись все новые и новые знаки после запятой. Более того, физики так замечательно научились играть в эту игру, что в конечном итоге бросили это занятие.

В единицы скорости всегда входят единицы расстояния и времени – ну, например, 50 миль в час или, скажем, 800 метров в секунду. Когда Эйнштейн приступил к работе над специальной теорией относительности, секунду уже удалось определить достаточно точно, а вот с определением метра была полная путаница. В 1791 году метр определили как одну десятимиллионную расстояния от Северного полюса до экватора по Парижскому меридиану. Затем точность пытались улучшить, и в 1889 году метр определили заново – как длину платиново-иридиевого эталона, который хранится в Международной палате мер и весов во французском городе Севре, измеренную при температуре таяния льда. В 1960 году основа для определения метра снова была изменена, а точность еще более повышена:  $1\ 650\ 763,73$  длины волны света, излучаемого в вакууме при невозмущенном переходе с энергетического уровня  $2p_{10}$  на энергетический уровень  $5d_5$  изотопа криптона-86. Если вдуматься, все очевидно.

Вскоре всем заинтересованным лицам стало очевидно, что скорость света можно измерить гораздо точнее, чем длину метра. Поэтому в 1983 году на Генеральной конференции по мерам и весам было принято решение определить – не измерить, а именно определить – скорость света согласно ее самой последней, самой точной оценке: 299 792 458 метров в секунду. Иначе говоря, с тех пор определение метра поставлено в однозначную зависимость от скорости света: метр – это ровно  $1/299\ 792\ 458$  того расстояния, которое проходит свет в вакууме за одну секунду. И если завтра кто-то измерит скорость света еще точнее, чем в 1983 году, ему придется корректировать длину метра, а не скорость света.

Впрочем, не тревожьтесь. Если скорость света и будет уточнена, то поправки окажутся совсем крошечными и на длине вашей школьной линейки не скажутся. Если вы средний европеец, скорее всего, ваш рост по-прежнему будет немного меньше 1 м 80 см. А если вы американец, у вашего внедорожника расход топлива на сто километров будет по-прежнему кошмарным.

\* \* \*

Пусть скорость света и представляет собой астрофизическую святыню, она не незыблема. Во всех прозрачных средах – в воздухе, воде, стекле и особенно в бриллиантах – воздух перемещается медленнее,

чем в вакууме.

А вот скорость света в вакууме постоянна, а чтобы величина считалась настоящей постоянной, она должна оставаться прежней независимо от того, где, когда, как и почему ее измерили. Однако полиция, которая следит за соблюдением скорости света, никому на слово не верит и вот уже несколько лет ищет улики, подтверждающие, что за 13,7 миллиардов лет, миновавших после Большого Взрыва, скорость света все-таки менялась. В частности, ученые измерили так называемую постоянную тонкой структуры – сочетание скорости света в вакууме и нескольких других физических постоянных, в том числе постоянной Планка, числа  $\pi$  и заряда электрона.

Полученная постоянная – это мера мелких сдвигов энергетических уровней атомов, которые влияют на спектры звезд и галактик. Поскольку Вселенная – это гигантская машина времени, где можно, поглядев на далекие объекты, увидеть далекое прошлое, любое изменение постоянной тонкой структуры со временем проявилось бы в наблюдениях над происходящим в космосе. У ученых есть веские причины считать, что ни постоянная Планка, ни заряд электрона не менялись, а значение  $\pi$  уж точно незыблемо, поэтому, если возникнут какие-то несообразности, винить в них можно будет только скорость света.

Один из способов, которыми астрофизики подсчитывают возраст Вселенной, предполагает, что скорость света всегда была одной и той же, так что интерес к возможным отклонениям от этой величины в той или иной части Вселенной отнюдь не праздный. Однако по состоянию на январь 2006 года наблюдения и измерения не выявили ни малейших признаков того, что постоянная тонкой структуры когда-либо менялась в пространстве или во времени.

## Глава тринадцатая

### Из пушки по воробьям

Практически во всех видах спорта, где участвуют мячи, эти самые мячи хотя бы иногда подчиняются науке баллистике. Когда играешь в баскетбол или волейбол, в футбол или гольф, в лакросс<sup>[3]</sup> или крикет, в теннис или в водное поло, время от времени мяч ударяют, бросают, отбивают, ударяют, после чего он ненадолго взлетает в воздух, а потом возвращается на Землю.

На траектории всех этих мячей влияет сопротивление воздуха, однако независимо от того, что привело их в движение и где они приземлятся, описываемые ими кривые описываются простым уравнением, которое можно найти в «Началах» Ньютона – его фундаментальном труде о движении и тяготении, который увидел свет в 1687 году. Ньютон рассказал о своих открытиях в популярной форме для читателей, знающих латынь, но не физику, в третьей части начал, получившей название «О системе мира». Помимо всего прочего, там есть описание того, что будет, если бросать камни горизонтально, все больше повышая начальную скорость. Сначала Ньютон подмечает очевидное: камни будут падать на землю все дальше и дальше от точки броска, в конце концов – и вовсе за горизонтом. Затем он делает вывод, что при достаточно большой скорости камень облетит Землю по кругу, так нигде и не упадет и ударит вас в затылок. Если же вы в этот миг пригнетесь, то камень продолжит вечно летать по кругу, который принято называть орбитой. Чудеса, да и только! Однако из обычной пушки так не выпалишь. Скорость, необходимая, чтобы двигаться по низкой околоземной орбите (НОО), составляет примерно 28 000 километров в час, так что полный круг займет около полутора часов. Если бы первый искусственный спутник Земли – «Спутник-1» или корабль Юрия Гагарина – первого человека в космосе – не набрали такую скорость после запуска, они вернулись бы на Землю, не совершив ни одного витка по орбите.

Кроме того, Ньютон показал, что гравитация любого шарообразного тела действует так, словно вся его масса сосредоточена в центре. И правда, все, чем перебрасываются два человека на Земле, тоже движется по орбите, только получается так, что траектория этого предмета пересекается с землей. Так было и с Аланом Шепардом во время пятнадцатиминутного полета на борту «Фридом-7» в рамках программы «Меркурий» в 1961 году, и при любом драйве гольфиста Тайгера Вудса, и при любом хоумране

бейсболиста Алекса Родригеса, или когда любой малыш на свете бросает мячик: все запущенные в воздух предметы описывают так называемые суборбитальные траектории. Не попадись им по дороге земная поверхность, они бы так и двигались по идеальным, хотя и вытянутым, орбитам вокруг центра масс Земли. И хотя закон всемирного тяготения не делает различий между этими траекториями, с точки зрения НАСА разница есть. При полете Шепарда сопротивления воздуха по большей части не было, поскольку корабль набрал такую высоту, где атмосферы уже практически нет. Именно поэтому СМИ и присудили Шепарду почетное звание первого американца в космосе.

\* \* \*

Суборбитальные траектории – это любимые траектории всевозможных баллистических снарядов. Баллистический снаряд, подобно ручной гранате, которая, когда ее бросают, летит в цель по дуге, после запуска «летит» только благодаря гравитации. Орудия массового поражения летят на сверхзвуковой скорости и могут описать половину околоземной орбиты за 45 минут, после чего врезаются в поверхность со скоростью нескольких тысяч километров в час. Если баллистический снаряд достаточно тяжел, он одним только падением с небес произведет даже больше разрушений, чем взрывом бомбы, заложенной в боеголовке.

Первым баллистическим снарядом в мире была ракета «Фау-2» (V-2, где V – первая буква немецкого слова «Vergeltungswaffen», «оружие возмездия»), разработанная группой немецких ученых во главе с Вернером фон Брауном и применявшаяся фашистами во время Второй Мировой войны, в основном против Великобритании. Это был первый объект, вышедший за пределы земной атмосферы. Цилиндроконическая ракета с большими стабилизаторами стала образцом для нескольких поколений воображаемых космических кораблей. Вернер фон Браун сдался союзным силам, и его перевезли в США, где он в 1958 году руководил запуском «Эксплорера-1», первого американского искусственного спутника Земли. Вскоре после этого Вернер фон Браун перешел на работу в только что созданное Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства – НАСА. Там он разработал «Сатурн-V», самую мощную ракету в истории, благодаря чему стало возможным исполнить великую американскую мечту и высадиться на Луне.

Вокруг Земли вращаются сотни искусственных спутников, а сама

Земля вращается вокруг Солнца. В своем великом трактате «De Revolutionibus», опубликованном в 1543 году, Николай Коперник поместил Солнце в центр мироздания и заявил, что и Земля, и все пять известных на тот момент планет – Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн – вращаются вокруг него по идеально круглым орбитам. Коперник не знал, что орбиты очень редко бывают круглыми и что в Солнечной системе по такой траектории не движется ни одна планета. Точную форму орбит вывел немецкий математик и астроном Иоганн Кеплер, который опубликовал свои расчеты в 1609 году. Первый закон движения планет

гласит, что планеты вращаются вокруг Солнца по эллипсам. Эллипс – это сплюснутый круг, а степень сплюснутости определяется числом, которое называется эксцентриситетом, сокращенно  $e$ . Когда  $e$  равняется нулю, мы получаем идеальную окружность; чем ближе значение  $e$  к единице, тем более вытянут

эллипс.

Разумеется, чем больше эксцентриситет, тем больше вероятность, что пересечешь чью-то чужую орбиту. Кометы, вторгающиеся в Солнечную систему, вращаются по очень эксцентрическим орбитам, а орбиты Земли и Венеры близки к окружностям – у них очень маленькие эксцентриситеты. Самая эксцентрическая «планета» – Плутон, и когда он обходит вокруг Солнца, то каждый раз пересекает орбиту Нептуна – что подозрительно напоминает комету.

\* \* \*

Ярчайший пример вытянутой орбиты – знаменитый мысленный эксперимент с подземным ходом до Китая. Вопреки ожиданиям тех наших сограждан, кто плохо учил географию в школе, Китай находится от США не на противоположной стороне земного шара. Прямая линия, соединяющая две противоположные точки на земном шаре, должна пройти через центр Земли. Что же находится напротив США? Индийский океан. Чтобы не вынырнуть под толщей воды километра в три, нужно поучить географию и прорыть ход из города Шелби в штате Монтана через центр Земли к далекому архипелагу Кергелен.

Тут начинается самое веселье. Присоединяйтесь. Вы пребываете в состоянии свободного падения – в невесомости и с равномерным ускорением, – и так до тех пор, пока не достигнете центра Земли, где испаритесь от жара расплавленного железного ядра. Впрочем, давайте

пренебрежем этим осложнением. Вы пролетаете мимо центра, где гравитация равна нулю, и равномерно замедляетесь, пока не достигаете противоположного конца подземного хода, и в этот момент ваша скорость равна нулю. Но если вас не подхватит какой-нибудь кергеленец, вы упадете обратно в дыру – и будете повторять этот путь без конца. Мало того что вам будут смертельно завидовать прыгуны на батуте – у вас еще и получится самая настоящая орбита, которая занимает примерно полтора часа, совсем как у космического шаттла.

Некоторые орбиты до того эксцентричны, что никогда не возвращаются в исходную точку. При эксцентриситете, равном единице, получается парабола, а при эксцентриситете больше единицы орбита описывает гиперболу. Чтобы представить себе, как выглядят эти кривые, нацельте фонарик прямо на стену. Фонарик испускает конус света, от которого на стене получится круг. Теперь постепенно наклоняйте фонарик вверх, и круг света исказится – будут получаться эллипсы со все возрастающим эксцентриситетом. Направьте конус строго вверх – и тот свет, который по-прежнему будет падать на стену, примет очертания параболы. Наклоните фонарик еще немного – и у вас получится гипербола. (Вот вам новое развлечение на случай, если пойдете в поход.) Любое тело с параболической или гиперболической траекторией движется так быстро, что уже не возвращается. Если астрофизики когда-нибудь обнаружат комету с такой орбитой, мы будем знать, что она явилась из глубин межзвездного пространства и посетит Солнечную систему только один-единственный раз.

\* \* \*

Ньютонова теория гравитации описывает силу притяжения между любыми двумя телами во Вселенной – где бы они ни находились, из чего бы ни состояли, как бы ни были велики или малы. К примеру, можно при помощи закона всемирного тяготения рассчитать поведение системы «Земля-Луна» в прошлом и будущем. Однако стоит добавить третий объект, третий источник гравитации, и движение системы кардинально усложнится. Этот *ménage à trois* получил название задачи трех тел и приводит к самым разнообразным траекториям, для расчета которых в общем виде нужен компьютер.

У этой задачи есть несколько хитроумных решений, заслуживающих особого внимания. В одном случае, который называется ограниченной

задачей трех тел, условие упрощается, поскольку третье тело обладает по сравнению с двумя другими очень маленькой массой и его присутствием в уравнениях можно пренебречь. При таком приближении прогнозы движения всех трех тел в системе вполне надежны. И это мы не жульничаем. Во Вселенной очень много подобных случаев. Возьмем, к примеру, Солнце, Юпитер и какой-нибудь из мелких спутников Юпитера. В Солнечной системе есть и другой пример – целое семейство каменных глыб, которые вращаются вокруг Солнца по стабильным орбитам в полумиллиарде километров впереди и позади Юпитера. Это троянские астероиды, о которых упоминалось в части II, – оба скопления держатся на месте гравитацией Юпитера и Солнца, которая действуют точь-в-точь как силовые лучи из научно-фантастического кино.

Еще один частный случай задачи трех тел был открыт совсем недавно. Возьмем три тела одинаковой массы и пустим их друг за другом по траектории в виде восьмерки. В отличие от автомобильных гонок, когда люди ходят посмотреть, как автомобили будут врезаться друг в друга на пересечении двух овалов, такая система относится к своим участникам бережнее. Силы гравитации требуют, чтобы система всегда была «уравновешена» в точке пересечения восьмерки, и в отличие от сложной задачи трех тел в общем виде, все движение происходит в одной плоскости. Увы, этот частный случай так редок и надуман, что, пожалуй, во всех ста миллиардах звездных систем нашей галактики не найдется ни одного подобного примера, а во всей Вселенной разве что несколько, так что орбита трех тел в виде восьмерки – это математический курьез, не играющий никакой роли в астрофизике.

У задачи трех тел есть еще один-два вполне благонаправных и смиренных частных случаях, однако в целом гравитационное взаимодействие трех и более тел в конце концов превращает их траектории в полнейший шурум-бурум. Чтобы убедиться в этом своими глазами, можно смоделировать ньютоновы законы тяготения и движения на компьютере и заставить каждое тело двигаться в соответствии с силами взаимодействия между ними и всеми другими телами, участвующими в расчетах. Заново рассчитайте все силы, потом повторите... Это отнюдь не чисто теоретическая головоломка. Движение всей Солнечной системы в целом – это тоже задача многих тел: астероиды, спутники, планеты и Солнце вечно пребывают в состоянии взаимного притяжения. Эта задача не давала покоя Ньютону: ведь ему никак не удавалось решить ее при помощи пера и бумаги. Ньютон опасался, что вся Солнечная система нестабильна и рано или поздно все планеты либо рухнут на Солнце, либо разлетятся

в межзвездное пространство; как мы узнаем из части IX, ученый уповал на то, что Господь, видимо, время от времени вмешивается и наводит порядок.

Более ста лет спустя решение задачи трех тел предложил Пьер-Симон Лаплас в своем фундаментальном труде «*Traité de mécanique céleste*» («Трактат о небесной механике»). Правда, для этого ему пришлось разработать новую область математики – так называемую теорию возмущений.

Анализ начинается с предположения, что главный источник гравитации в системе лишь один, а остальные достаточно малы, но все же присутствуют: именно так и обстоят дела в Солнечной системе. Затем Лаплас аналитически показал, что Солнечная система, безусловно, стабильна и что для того, чтобы это продемонстрировать, не надо никаких новых физических законов.

Так ли это? Позже – в части VI – мы убедимся, что согласно современным анализам на масштабах сотен миллионов лет – то есть если рассматривать периоды куда дольше, чем изучал Лаплас, – орбиты планет придут в состояние хаоса. В такой ситуации Меркурий сильно рискует упасть на Солнце, а Плутон – оказаться вышвырнутым вон из Солнечной системы. Хуже того, может случиться, что при рождении в Солнечной системе было гораздо больше планет, вероятно, десятки, но большинство из них затерялись в межзвездном пространстве. А все началось с простых кружочков Коперника!

\* \* \*

Когда тобой так или иначе выстреливают из пушки, ты пребываешь в состоянии свободного падения. Все ньютоновы камни находились в состоянии свободного падения на Землю. Тот, который вышел на орбиту, тоже находился в состоянии свободного падения на Землю, только вот поверхность планеты уходила из-под него в точном соответствии с его необычной траекторией падения. В состоянии вечного падения на Землю находится и Международная космическая станция. И Луна тоже. И все они, подобно камням Ньютона, огибают Землю так, чтобы не упасть на нее. Все эти тела, вместе с космическим шаттлом и гаечными ключами, которые роняли космонавты во время выходов в открытый космос, а также всем прочим хламом, скопившимся на НОО, совершают один оборот вокруг Земли примерно за полтора часа.

Однако чем выше поднимаешься, тем больше становится период обращения по орбите. Как мы уже говорили, на высоте 35 786 километров орбитальный период совпадает с периодом вращения Земли. Спутники, запущенные на такую высоту, геостационарны, они «парят» над определенной точкой планеты и обеспечивают стабильную быструю связь между континентами. Еще выше, на высоте в 384 400 километров, вращается Луна, которая совершает полный круг за 27,3 суток.

У свободного падения есть одна удивительная черта – на борту любого космического судна с подобной траекторией сохраняется состояние невесомости. В свободном падении падаешь в точности так же, как и все остальные предметы вокруг. Если поместить напольные весы между ногами и полом, они тоже будут в состоянии свободного падения. Поскольку на них ничего не давит, они покажут нуль. Это единственная причина, по которой астронавты в космосе ничего не весят.

Однако в тот миг, когда космический корабль набирает высоту, начинает вращаться или преодолевает сопротивление земной атмосферы, состояние свободного падения заканчивается и у астронавтов снова появляется вес. Любой знаток научной фантастики знает, что если звездолет вращается с нужной скоростью либо разгоняется с тем же ускорением, с каким тело падает на Земле, весить будешь ровно столько же, сколько показывают весы дома. Так что, если создатели твоего корабля поставят перед собой такую задачу, они вполне могут спроектировать его так, чтобы на время долгих скучных космических перелетов создать в корабле искусственную гравитацию, равную земной.

У орбитальной механики Ньютона есть и другое хитроумное применение – эффект рогатки. Космические агентства зачастую запускают с Земли зонды, собственной энергии у которых не хватит, чтобы достичь намеченного конечного пункта. Однако орбитальные инженеры так ловко рассчитывают траекторию полета, чтобы зонд проскочил мимо мощного движущегося источника гравитации, например, мимо Юпитера. В сущности, зонд падает на Юпитер в том же направлении, в каком Юпитер движется, крадет толику его энергии, проскакивает мимо и выстреливает вперед, словно мяч в гандболе. Если расчет взаимного положения планет был верен, то зонд проделывает тот же фокус при пролете мимо Сатурна, Урана и Нептуна и при каждой встрече пополняет запасы энергии. Причем такой разгон получается совсем не маленьким: всего один грамотный пролет мимо Юпитера способен в два раза увеличить скорость зонда в его движении по Солнечной системе.

Самые быстрые звезды в галактике, которыми и в самом деле будто

из пушки выстрелили, – это звезды, которые пролетают мимо сверхмассивной черной дыры в центре галактики Млечный Путь. Падение в черную дыру – не только в эту, а в любую, – может разогнать звезду до скорости, приближающейся к скорости света. Никакой другой объект на такое не способен. Если траектория звезды слегка изгибается к краю черной дыры – то есть звезда чуть-чуть не попадает в нее – звезда не будет проглочена, однако скорость ее стремительно возрастет. А теперь представьте себе, что в этом бешеном танце участвует несколько сотен или даже тысяч звезд. Астрофизики считают эту звездную гимнастику, которую можно зарегистрировать в центрах большинства галактик, убедительным доказательством существования черных дыр.

Самый далекий объект, видимый невооруженным глазом, – это прекрасная галактика Андромеда, ближайшая к нам спиральная галактика. И это хорошо. Плохо другое – все доступные данные показывают, что рано или поздно мы с ней столкнемся. Чем больше мы попадаем в гравитационные объятия друг друга, тем ближе тот миг, когда мы превратимся в беспорядочную грудку рассыпанных звезд и сталкивающихся газовых облаков. Ждать осталось недолго – каких-то 6–7 миллиардов лет. И вообще можно уже продавать билеты на финал, когда сверхмассивная черная дыра Андромеды столкнется с нашей и из пушки выстрелят уже целыми галактиками.

## Глава четырнадцатая

### Два слова о плотности

Когда я учился в пятом классе, один вредный одноклассник спросил меня: «Что больше весит, пуд железа или пуд пуха?» Нет-нет, я, конечно, не поддался на розыгрыш, но тогда я еще не подозревал, какую важную роль играет плотность в жизни и во Вселенной. Само собой, обычно плотность рассчитывают как отношение массы тела к его объему. Однако бывают и другие разновидности плотности, например сопротивление мозга доводам здравого смысла или количество жителей экзотического острова Манхэттен на квадратный километр.

Мы измерили во Вселенной огромное множество самых разных плотностей. Самые высокие плотности обнаружены внутри пульсаров, где нейтроны упакованы так плотно, что одна щепотка весит как целое стадо в 50 миллионов слонов. А когда фокусник уверяет вас, будто кролик «растворился в воздухе», никто не уточняет, что воздух этот уже содержит свыше 10 000 000 000 000 000 000 000 (десяти септиллионов) атомов на кубический метр. Межпланетное пространство куда менее плотно, здесь на кубометр содержится всего около 10 000 000 (десяти миллионов) атомов, а в межзвездном – еще того меньше, всего 500 000 атомов на кубометр. Однако премию за полную ничтожность, пожалуй, следует присудить межгалактическому пространству, где на каждые 10 кубических метров еле-еле удается наскрести с десятков атомов.

Диапазон плотностей во Вселенной охватывает сорок четыре степени десятки. Если классифицировать космические объекты только по плотности, проявятся весьма яркие закономерности. Например, все компактные плотные объекты вроде черных дыр, пульсаров и белых карликов создают сильную гравитацию и собирают вещество на свои поверхности, часто создавая при этом воронкообразный диск. Еще один пример – свойства межзвездного газа. Куда бы мы ни посмотрели, и на Млечном Пути, и во всех других галактиках новенькие звезды возникают именно в газовых облаках самой большой плотности. Пока что мы еще не до конца понимаем, как устроен процесс формирования звезд, однако практически все теории формирования звезд включают изменение плотности газа при коллапсе протозвездных облаков.

\* \* \*

В астрофизике, особенно в физике планет, часто удается прикинуть состав астероида или спутника, зная лишь его плотность. Каким образом? Многие распространенные в солнечной системе ингредиенты обладают плотностями, которые сильно отличаются друг от друга. Если пользоваться как единицей измерения плотностью жидкой воды, то водяной лед, аммиак, метан и углекислый газ – обычные составляющие комет – обладают плотностью меньше 1, каменные материалы, из которых часто состоят внутренние планеты и астероиды, обладают плотностями от 2 до 5, а железо, никель и некоторые другие металлы, которых много в ядрах планет, а также в астероидах, имеют плотности больше 8. Если средняя плотность объекта попадает куда-то между этими отметками, принято считать, что он состоит из смеси распространенных ингредиентов. Для Земли у нас припасены приемы получше: скорость звуковых волн, которые распространяются в земных недрах, свидетельствует о распределении плотности Земли от центра к поверхности. Самые надежные сейсмические данные дают плотность ядра около 12, а далее плотность понижается и в коре составляет примерно 3. В среднем плотность Земли составляет около 5,5.

В уравнении плотности участвуют сама плотность, масса и объем (размер), поэтому, если удастся измерить любые две величины, можно легко вычислить третью. Масса и орбита планеты, которая вращается вокруг звезды 51 Пегаса, похожей на Солнце и видимой невооруженным глазом, вычислены непосредственно на основании имеющихся данных. А затем можно выдвинуть гипотезу, что эта планета газовая (едва ли) или каменная (скорее всего) – и примерно вычислить ее размер.

Когда говорят, что одно вещество тяжелее другого, как правило, имеют в виду не вес, а именно плотность. Например, кто угодно сразу поймет, что простое, однако с научной точки зрения нестрогое утверждение «Железо весит больше пуха» относится именно к плотности, а не к весу. Однако в некоторых весьма существенных случаях такой очевидный вывод приводит к заблуждениям. Густые сливки легче (менее плотные), чем снятое молоко, а все мореходные суда, в том числе «Куин Мэри 2» весом 150 000 тонн, легче (менее плотные), чем вода. Если бы эти утверждения были ложны, сливки и океанские лайнеры тонули бы в жидкостях, на которых они в действительности плавают.

\* \* \*

А вот и еще несколько интересных фактов о плотности.

Горячий воздух поднимается кверху не просто потому, что он горячий, а потому, что он не такой плотный, как окружающий воздух. Подобным же образом можно объяснить, что холодный воздух, более плотный, опускается вниз – так и есть, и без этого во Вселенной не было бы конвекции.

Вода в твердом состоянии (ее принято называть льдом) не такая плотная, как жидкая вода. Если бы было верно обратное, то зимой озера и реки промерзли бы насквозь, до самого дна, и вся рыба в них погибала бы. Рыба спасается благодаря тому, что верхний слой менее плотного льда, который плавает по поверхности или покрывает ее целиком, изолирует более теплую воду внизу от холодного зимнего воздуха.

Кстати, о дохлой рыбе, которая, если в аквариуме случится катастрофа, плавает брюхом вверх: да, дохлая рыба на время становится менее плотной, чем ее живые товарки.

Средняя плотность Сатурна меньше плотности воды, и этим он отличается ото всех прочих известных нам планет. То есть если бы вы бросили к себе в ванну ком вещества Сатурна, он бы не утонул. С тех пор, как я это узнал, я мечтаю заполучить себе в ванну вместо желтой резиновой уточки желтый резиновый Сатурн.

Если подкормить черную дыру, ее горизонт событий (граница, из-за которой не может вырваться даже свет) расширяется прямо пропорционально массе, а следовательно, при увеличении массы черной дыры средняя плотность в пределах ее горизонта событий на самом деле уменьшается. Между тем, насколько мы можем судить по уравнениям, вещество черной дыры сжимается в точку почти бесконечной плотности в ее центре.

А теперь настал черед величайшей тайны мироздания: невскрытая жестяная банка диетической пепси-колы плавает в воде, а невскрытая жестяная банка обычной пепси-колы тонет.

\* \* \*

Если удвоить количество стеклянных шариков в коробке, плотность их, само собой, останется прежней, поскольку удвоятся и масса, и объем, а в сочетании это не оказывает никакого воздействия на плотность. Однако во Вселенной есть объекты, сравнение плотности которых с их массой и объемом приводит к неожиданным результатам. Если бы у вас в коробке были мягкие пушистые перышки и вы удвоили их количество, то, что ближе

ко дну, оказались бы примяты. Вы удвоили бы массу, но не объем, и в результате общая плотность увеличилась бы. Так ведут себя все сжимаемые тела под воздействием собственного веса. И атмосфера Земли – не исключение: половина всех ее молекул упакована в нижние пять километров у самой поверхности. Астрофизики недолюбливают земную атмосферу, она дурно влияет на качество наблюдательных данных, вот почему вы, наверно, частенько слышите, как мы сбегает вести исследования высоко в горы, чтобы оставить как можно больше атмосферы внизу.

Атмосфера Земли кончается там, где она смешивается с крайне разреженным газом межпланетного пространства так, что и не отличишь. Обычно эта смешанная область лежит в нескольких тысячах километров над поверхностью Земли. Обратите внимание, что и космический шаттл, и телескоп имени Хаббла, и прочие спутники, которые вращаются по орбите в пределах всего нескольких сотен километров над поверхностью Земли, рано или поздно свалились бы с орбиты из-за сопротивления остатков атмосферного воздуха, если бы периодически их не подпитывали энергией. Однако во время пиков солнечной активности, то есть каждые 11 лет, верхние слои земной атмосферы получают повышенную дозу солнечного излучения и от этого волей-неволей нагреваются и расширяются. В этот период атмосфера может раздаться на лишние полторы тысячи километров в космос, и спутники на ближних орбитах станут тормозиться и снижаться сильнее обычного.

\* \* \*

Пока в лабораториях не научились создавать вакуум, ближе всего к пустоте был просто воздух – ничего другого никто и вообразить не мог. Воздух вместе с землей, огнем и водой входил в число четырех аристотелевых стихий – составляющих всего известного мира. Была, правда, и пятая стихия – ее называли квинтэссенцией, то есть «пятой сущностью». Предполагалось, что эта потусторонняя разреженная стихия, легче воды и эфирнее огня, составляет ткань небес. Очень изысканно.

Искать разреженные среды не обязательно на небесах. Достаточно верхних слоев атмосферы. На уровне моря воздух давит с силой примерно в 1,013 кг на квадратный сантиметр. Так что если вы возьмете малюсенькую формочку для печенья и вырежете из атмосферы столб толщиной в квадратный сантиметр и высотой во всю атмосферу от уровня

моря, а потом взвесите этот столб на весах, окажется, что этот столб весит всего 1,013 кило. Для сравнения, колонна воды с сечением в квадратный сантиметр будет весить 1,013 кило при высоте всего чуть больше 10 метров. На горных вершинах и на самолетах высоко в небе эта вырезанная колонна воздуха становится короче и поэтому меньше весит. На вершине Мауна-Кеа, гавайского вулкана высотой в 4200 метров, где обретаются самые мощные телескопы на свете, давление падает до 704 граммов на квадратный сантиметр. Когда астрофизики ведут там наблюдения, они время от времени прикладываются к кислородным баллонам, чтобы сохранить ясность мысли.

Выше 150 километров, где астрофизики не водятся, воздух так разрежен, что молекулы газа пробегают достаточно большие расстояния, прежде чем столкнутся друг с другом. Если между столкновениями в молекулу попадет прилетевшая из космоса частица, молекула на время перейдет в возбужденное состояние и до следующего столкновения будет излучать уникальный спектр. Если попадающие в молекулу частицы – это составляющие солнечного ветра, например протоны и электроны, то в результате излучения получаются колеблющиеся завесы света, которые мы называем северным сиянием. Когда ученые только начали изучать спектр северного сияния, оказалось, что у него нет аналогов, которые можно было получить в лабораторных условиях. И мы так и не могли установить личность сияющих молекул, пока мы не узнали, что во всем виноваты самые обычные молекулы кислорода и азота, просто в возбужденном состоянии. На уровне моря они сталкиваются друг с другом так часто, что избыток энергии поглощается задолго до того, как у молекулы появляется возможность испустить собственный свет.

Загадочный свет порождают отнюдь не только верхние слои земной атмосферы. Астрофизики долго не могли разобраться в некоторых спектральных особенностях короны Солнца. Корона – крайне разреженная – это тот самый прекрасный пылающий ореол вокруг Солнца, который видно во время полного солнечного затмения. Новооткрытую черту приписали еще не открытому элементу, которому дали условное название «короний». И лишь когда мы узнали, что солнечная корона раскалена до миллионов градусов, мы выяснили, что загадочный элемент – это всего-навсего сильно ионизированное железо, просто раньше мы не видели его в таком состоянии, когда большинство электронов из его оболочки вырвались и свободно двигаются в газе.

Разреженными обычно называют именно газы, однако я позволю себе смелость применить его к знаменитому поясу астероидов в Солнечной

системе. Из кино и других повествований можно заключить, что это место опасное, где постоянно рискуешь столкнуться лоб в лоб с булыжниками размером с дом. Каков же настоящий рецепт пояса астероидов? Возьмите всего 2,5 % массы Луны (которая сама по себе составляет 1/81 массы Земли), растолките на тысячи обломков разного размера, однако сделайте так, чтобы три четверти всей массы были сосредоточены всего в четырех астероидах. Теперь распределите получившиеся крошки по поясу шириной в 150 миллионов километров, который тянется по траектории длиной примерно в 2,5 миллиарда километров вокруг Солнца.

\* \* \*

Хвосты комет при всей своей скудности и разреженности превышают по плотности окружающую межпланетную среду в тысячу раз. Хвост кометы отражает солнечный свет и испускает поглощенную энергию Солнца – и благодаря этому виден на удивление хорошо, если учесть, что состоит он практически из ничего. Отцом современной науки о кометах по праву считается Фред Уиппл из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики. По его лаконичному выражению, хвост кометы – это максимум, что можно сделать из минимума.

И в самом деле, если весь объем кометного хвоста длиной в 80 миллионов километров сжать до плотности обычного воздуха, весь газ из кометы займет объем куба со стороной меньше километра. Когда в составе комет открыли очень часто упоминаемый в астрономии, однако смертельно ядовитый газ циан (CN), а после этого стало известно, что в 1910 году Земле предстоит пройти сквозь хвост кометы Галлея во время ее очередного визита в Солнечную систему, легковерная публика массово скупала у шарлатанов от фармакологии противокометные пилюли.

Недра Солнца, где генерируется вся термоядерная энергия, – не то место, где можно найти вещество с низкой плотностью. Однако само ядро составляет всего 1 % от объема Солнца. Средняя плотность всего Солнца составляет всего четверть плотности Земли и лишь на 40 % плотнее обычной воды. То есть чайная ложка солнечного вещества утонет у вас в ванне, но не очень быстро. Тем не менее, за ближайшие 5 миллиардов лет ядро Солнца пережжет почти весь свой водород в гелий, а вскоре после этого начнет пережигать гелий в углерод. Яркость Солнца будет при этом увеличиваться в тысячи раз, а температура на поверхности упадет до половины нынешней. Законы физики учат нас, что тело может светиться

ярче и при этом остывать только в одном случае – если оно увеличится в размерах. Как мы увидим в части V, в конце концов Солнце раздуется в исполинский шар разреженного газа, который захватит пространство далеко за орбитой Земли, а средняя плотность Солнца упадет при этом меньше чем до одной десятиллиардной нынешнего значения. Океаны и атмосфера Земли к тому времени, конечно, испарятся в космос, все живое тоже, однако нас это тревожить не должно. Внешняя атмосфера Солнца, пусть и разреженная, будет тормозить движение Земли по орбите и вынудит нас мало-помалу устремиться по спирали к гибели в термоядерном котле.

\* \* \*

Мы уже заглядываем за пределы Солнечной системы в межзвездное пространство. Человечество отправило туда четыре космических аппарата, скорости которых хватит для подобного путешествия: это «Пионер-10», «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2». Самый быстрый из них – «Вояджер-2» – примерно за 25 000 лет улетит на расстояние, равное расстоянию до ближайшей к Солнцу звезды.

В межзвездном пространстве, конечно, пусто. Однако там есть газовые облака, столь же броские и заметные вопреки всему, как и хвосты комет: их плотность выше плотности окружающего пространства в 100–1000 раз, и они охотно заявляют о себе в присутствии ярких звезд. И здесь история повторилась: когда ученые только начали исследовать эти красочные туманности, они обнаружили незнакомые узоры в их спектрах. До поры до времени, в качестве метки на этом пробеле в наших познаниях поставили гипотетический элемент «небулий». В конце XIX века стало понятно, что в периодической таблице Менделеева свободного места для этого элемента не осталось. Методы получения разреженных сред в лаборатории постоянно совершенствовались, а незнакомые особенности спектров, как правило, оказывались связаны со знакомыми элементами, так что крепили подозрения, что небулий – это привычный кислород в непривычном состоянии; впоследствии так и оказалось. Что же это было за состояние? Все эти атомы были лишены двух электронов и обретались в практически идеальном вакууме межзвездного пространства.

Если покинуть пределы галактики, почти весь газ, пыль, звезды, планеты и космический мусор останутся позади. Мы очутимся в невообразимой космической пустоте. Поясню на примере, что такое

пустота: в кубе межгалактического пространства со стороной в 200 000 километров содержится примерно такое же количество атомов, что и в полезном объеме внутри вашего холодильника. Глубокий космос не просто любит вакуум – он вырезан из него, словно скульптура.

Увы, абсолютного, идеального атома нигде не найдешь и никак не создашь. Как мы видели в части II, среди прочих удивительных прогнозов квантовой механики есть и такой, что подлинный космический вакуум содержит целое море «виртуальных» частиц, которые постоянно то возникают, то исчезают в парах со своими двойниками из антивещества. «Виртуальны» эти частицы потому, что срок их жизни так краток, что их существование не удастся непосредственно зарегистрировать. Это явление принято называть «энергией вакуума», и оно способно оказывать антигравитационное давление, которое в конечном итоге и заставляет Вселенную расширяться по экспоненте, все быстрее и быстрее, отчего межгалактический вакуум становится еще более разреженным.

А что же находится еще дальше?

Некоторые метафизики-дилетанты выдвигают гипотезу, что вне Вселенной, где нет пространства, все же есть что-то другое. Это гипотетическое место нулевой плотности можно назвать, например, «ничегошное ничто», хотя именно там мы, конечно, обнаружим сонмы исчезнувших кроликов.

## Глава пятнадцатая

### Где-то за радугой

Когда художники-карикатуристы рисуют биологов, химиков или инженеров, то обычно наряжают своих героев в белые лабораторные халаты, из нагрудных карманов которых торчат всевозможные ручки и карандаши. Астрофизики исписывают массу ручек и карандашей, однако лабораторных халатов мы не носим, разве что когда собираем какой-нибудь аппарат, который предстоит запустить в космос. Космос и есть наша главная лаборатория, и можно не бояться поставить пятно на рубашке или прожечь в пиджаке дыру пролившимися с неба едкими химикалиями – разве что шальной метеорит оставит подпалину.

Тут-то и таится подвох. Как, скажите на милость, изучать то, что даже одежду запачкать не может? Откуда астрофизики знают хоть что-то о Вселенной и разных космических объектах, если все, что они изучают, находится на расстоянии во много световых лет?

К счастью, свет, исходящий от звезды, говорит нам гораздо больше, чем ее яркость или положение на небосклоне. У атомов, из которых состоят светящиеся объекты, бурная, беспокойная жизнь. Их электрончики постоянно поглощают и испускают свет. А если вокруг достаточно жарко, в результате энергичных столкновений атомы лишаются некоторых или даже всех своих электронов, и они рассеивают свет во все стороны. В общем и целом атомы оставляют специфические следы на изучаемом свете, и по нему можно понять, какие химические элементы и молекулы поучаствовали в его создании.

Еще в 1666 году Исаак Ньютон пропустил белый свет сквозь призму и получил всем известный спектр из семи цветов – красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового (вы, конечно, знаете фразу, помогающую запомнить их порядок: «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан»). Кстати, именно Ньютон ввел в обращение слово «спектр».

С призмами развлекались и другие ученые. Однако следующий опыт Ньютона прецедентов не имел. Он пропустил получившийся цветовой спектр через вторую призму – и снова получил чистый белый свет, с которого и начинал, продемонстрировав тем самым поразительное свойство света, которое невозможно воспроизвести на палитре художника: если смешать на палитре краски тех же цветов, получится цвет, напоминающий болотную грязь.

Кроме того, Ньютон попробовал разложить и сами цвета, но оказалось, что они чистые. И, несмотря на семь отдельных названий, спектральные цвета плавно перетекают один в другой. Человеческий глаз не в состоянии сделать то же самое, что и призма, – так что она позволяет открыть еще одно неоткрытое окно во Вселенную.

\* \* \*

Тщательное изучение солнечного спектра при помощи точной оптики и приемов, которые во времена Ньютона были недоступны, показывает не только цвета «каждого охотника», но и узкие сегменты в тех частях спектра, где обычных цветов нет. Эти «линии» в свете открыл в 1802 году английский химик и врач Уильям Хайд Уолластон, который по незнанию (впрочем, вполне логично) предположил, что это естественные границы между цветами. Более полно исследовал и истолковал это явление немецкий физик и оптик Йозеф Фраунгофер (1787–1826), который посвятил свою профессиональную карьеру количественному анализу спектров и разработке оптических устройств, позволяющих генерировать различные спектры. Фраунгофера часто называют отцом современной спектроскопии, а я бы пошел еще дальше и сказал, что он стал отцом астрофизики. В 1814–1817 годах он пропускал сквозь призму свет от разных видов пламени и обнаружил, что общий узор линий напоминает узор солнечного спектра, а тот, в свою очередь, похож на спектры многих звезд, в том числе и Капеллы, одной из ярчайших звезд на ночном небе.

К середине XIX века химики Густав Кирхгоф и Роберт Бунзен (прославившийся бунзеновской горелкой, которая наверняка была у вас в кабинете химии) увлеклись разложением при помощи призмы света от разных горящих веществ. Они сделали схемы узоров, получавшихся при горении известных элементов, и обнаружили много новых, в том числе рубидий и цезий. Каждый элемент оставлял в изучаемом спектре свой узор линий, свою визитную карточку. Это начинание принесло столь обильные плоды, что второй по распространенности элемент во Вселенной – гелий – был открыт в спектре Солнца еще до того, как его обнаружили на Земле. Об этом свидетельствует и само название элемента, ведь Гелиос – бог Солнца.

\* \* \*

Точно и подробно объяснить, как именно атомы и их электроны формируют спектральные линии, удалось лишь полвека спустя, с началом эры квантовой механики, однако понятийная основа была уже заложена. Фраунгофер соотнес царство лабораторной физики с космосом – в точности как Ньютон в своих уравнениях тяготения соотнес царство лабораторной физики с Солнечной системой. Все было готово для того, чтобы впервые заявить, какие химические элементы составляют Вселенную и при каких условиях – температуре и давлении – они являют спектроскописту свои узоры.

Кабинетным философам случалось делать много громких недалёковидных заявлений, однако здесь уместно вспомнить Огюста Конта (1798–1857), который в 1835 году в своем труде «Курс позитивной философии» («Cours de la Philosophie Positive») провозгласил:

Что касается звезд, все исследования, которые нельзя в конечном итоге свести к простым зрительным наблюдениям... нам, естественно, недоступны... Мы никогда не сможем никакими средствами изучить их химический состав... Я считаю, что нам никогда не будут доступны никакие достоверные сведения касательно средней температуры разнообразных звезд.

*(Comte, p. 16)*

Начитавшись подобных цитат, заречешься утверждать в печати что бы то ни было.

Прошло всего семь лет, и в 1842 году австрийский физик Кристиан Допплер открыл эффект, получивший его имя: длина волны, испускаемой движущимся телом, меняется. Казалось бы, все очевидно: движущееся тело должно растягивать волны позади (сокращать их частоту) и сжимать волны впереди (повышать их частоту). Чем быстрее движется предмет, тем сильнее свет сокращается перед ним и растягивается позади него. Простое соотношение между скоростью и частотой приводит к важным следствиям. Если знаешь, какую частоту испускало тело, а при этом измерения дают другую величину, то разница между ними прямо покажет, с какой скоростью тело движется на тебя или от тебя. В своей статье, опубликованной в 1842 году, Допплер делает пророческое заявление:

Почти наверняка можно утверждать, что это явление [эффект Допплера] уже в не столь отдаленном будущем станет

для астрономов долгожданным средством определения движения... таких звезд, которые... до сего момента не позволяли надеяться на подобные измерения и заключения.

*(Schwippell 1992, pp. 46–54)*

Эта идея справедлива для звуковых волн, световых волн и вообще любых волн любого происхождения. (Вот бы Допплер удивился, если бы узнал, что когда-нибудь его открытие будет применяться в микроволновых «радарх», при помощи которых полицейские изымают деньги у людей, ведущих автомобиль со скоростью выше установленной законом!) К 1845 году Допплер уже провел эксперименты с оркестром, играющим на платформе, прицепленной к паровозу, а его помощники, обладатели абсолютного музыкального слуха, записали, как меняются ноты, когда паровоз приближается, а затем удаляется.

\* \* \*

В конце XIX века, когда спектрографы уже широко применялись в астрономии, а к тому же появилась и новая экспериментальная наука – фотография, астрономия пережила второе рождение и превратилась в новую дисциплину – астрофизику. Один из самых авторитетных научных журналов в моей сфере деятельности – «Astrophysical Journal» – был основан в 1895 году и до 1962 года выходил с подзаголовком «Международный обзор спектроскопии и астрономической физики». Да и в наши дни практически любая статья, где рассказывается о наблюдениях над Вселенной, либо содержит собственный анализ спектра, либо нагружена спектроскопическими данными, которые получили другие ученые.

Чтобы измерить спектр объекта, требуется собрать гораздо больше света, чем для того, чтобы просто получить изображение, поэтому самые большие в мире телескопы, например десятиметровые телескопы в обсерватории им. Кека на Гавайях, предназначены в основном для того, чтобы получать спектры. Коротко говоря, если бы мы не научились анализировать спектры, то не знали бы о происходящем во Вселенной практически ничего.

Перед преподавателями астрофизики стоит педагогическая задача высшего разряда. Астрофизики-исследователи черпают, можно сказать,

все свои познания из изучения спектров. Однако от анализа спектра того или иного объекта до выводов о его природе нужно пройти нескольких уровней умозаключений. Тут помогут аналогии и метафоры – они привязывают сложные и абстрактные идеи к более простым и осязаемым. Биолог описывает форму молекулы ДНК как две спирали, соединенные друг с другом перекладинами наподобие лестницы. Представить себе спираль я могу. И представить себе две спирали тоже могу. И перекладины на лестнице. В результате я могу представить себе форму молекулы ДНК. Все части описания отстоят от самой молекулы всего на один уровень умозаключений. И они прекрасно складываются в голове в осязаемый образ. Теперь уже можно говорить на любые научные темы, связанные с этой молекулой, и на простые, и на сложные.

А вот для того, чтобы объяснить, откуда мы берем скорость удаляющейся от нас звезды, требуется пять последовательных уровней абстракции.

*Уровень 0.* Звезда.

*Уровень 1.* Изображение звезды.

*Уровень 2.* Излучение звезды, которую мы видим на изображении.

*Уровень 3.* Спектр излучения звезды, которую мы видим на изображении.

*Уровень 4.* Сдвиги линий, вплетенных в спектр света от изображения звезды.

Переход от уровня 0 к уровню 1 – тривиальный ход, который мы проделываем всякий раз, когда делаем фотоснимок. Однако к тому времени, когда объяснение дойдет до уровня 4, слушатели либо одуреют, либо уснут. Вот почему широкая публика почти ничего не знает о роли спектров в изучении космоса: эти данные оказываются далеки от самих объектов, поэтому очень трудно объяснить происходящее доходчиво и простыми словами.

Когда ходишь на выставки в естественнонаучные музеи и вообще в любые музеи, где ценятся реальные предметы, обычно ожидаешь увидеть экспонаты, которые можно выставить в витрине – камни, кости, орудия труда, окаменелости, реликвии и так далее. Все это – образчики «уровня 0», они почти не требуют когнитивных затрат, чтобы объяснить, что, собственно, такое перед вами. Если же выставка посвящена астрофизике, не стоит и пытаться выставить в витрине звезды или квазары: от этого весь музей испарится. Поэтому обычно подобные выставки делаются на уровне 1 – там представлены исключительно изображения, впрочем, очень красивые и интересные. Самый знаменитый телескоп современности –

космический телескоп им. Хаббла – известен широкой публике в основном благодаря прекрасным, высококачественным, полноцветным изображениям разных объектов во Вселенной. Беда в том, что после таких выставок преисполняешься телячьим восторгом перед поэзией Вселенной – однако ни на шаг не приближаешься к подлинному пониманию ее устройства. Чтобы разобраться в нем, нужно выйти на уровни 3 и 4. И хотя телескоп им. Хаббла дает много надежных научных данных, СМИ никогда не расскажут вам, что основа наших познаний о космосе – это по-прежнему анализ спектров, а не разглядывание красивых картинок. А лично мне хочется потрясти читателей не только уровнями 0 и 1, но и уровнем 4, для чего, приходится признать, нужно куда больше умственных усилий как со стороны ученика, так и со стороны учителя (а может быть, со стороны учителя даже больше).

\* \* \*

Одно дело – увидеть красивую цветную фотографию туманности в нашей галактике Млечный Путь, снятую в видимом свете. И совсем другое – по ее радиоволновому спектру понять, что под наслоениями облаков таятся еще и недавно сформировавшиеся звезды очень большой массы. Это газовое облако – звездный питомник, где выращиваются будущие источники света для Вселенной.

Одно дело знать, что звезды большой массы то и дело взрываются. Это, в принципе, и на фотографиях видно. Однако рентгеновские и оптические спектры этих умирающих звезд показывают, что в них содержатся целые арсеналы тяжелых элементов, которые после взрыва обогащают галактику и прослеживаются во всей живой природе на Земле. Так что не только мы живем среди звезд, но и звезды живут внутри нас.

Одно дело смотреть на плакат с красивой спиральной галактикой. И совсем другое – по доплеровским сдвигам в ее спектре понимать, что эта галактика вращается со скоростью 200 километров в секунду, из чего мы делаем вывод о присутствии в ней 100 миллиардов звезд, которые подчиняются ньютоновым законам гравитации. Кстати, из-за расширения Вселенной эта галактика удаляется от нас со скоростью, равной одной десятой скорости света.

Одно дело смотреть на ближайшие звезды, напоминающие Солнце яркостью и температурой. И совсем другое – сверхчувствительными приборами измерять эффект Доплера при движении звезды и делать

выводы о существовании планет на орбите вокруг них. Сейчас, когда эта книга готовится к печати, наш каталог планет уже перевалил за отметку в 200, не считая наших соседей по Солнечной системе.

Одно дело наблюдать свет от квазара, расположенного на краю видимой Вселенной. И совсем, совсем другое – анализировать спектр квазара и определять по нему структуру невидимой части Вселенной, где газовые облака и прочие препятствия, лежащие на пути квазарного света к Земле, так и норовят поглотить кусок этого спектра.

К счастью для тех из нас, кто интересуется магнитогидродинамикой космических объектов, структура атомов под влиянием магнитного поля немного меняется. Излучение атомов, подвергшихся воздействию магнитного поля, меняет свой спектральный узор, и эти изменения мы можем увидеть.

Вооружившись эйнштейновской релятивистской версией уравнения Допплера, из спектров бесчисленных галактик, ближних и дальних, мы выводим темп расширения Вселенной в целом – а значит, можем сделать выводы и о ее нынешнем возрасте, и о ее будущей участи.

Вполне можно сказать, что о Вселенной мы знаем больше, чем гидробиолог об океанском дне или геолог о центре Земли. Современные астрофизики перестали быть беспомощными зеваками, которые только и могут, что глазеть на звезды; они до зубов вооружены инструментами и приемами спектроскопии, которые позволяют крепко стоять обеими ногами на Земле и при этом, не обжигая пальцев, прикасаться к звездам и утверждать, что мы знаем о них столько, сколько не знал никто и никогда.

## Глава шестнадцатая

### Окна во Вселенную

Если верить рекламе, человеческий глаз – это чуть ли не самый поразительный орган в нашем теле, и об этом мы уже упоминали в части I. У большинства из нас перечень его небывалых черт возглавляют способность фокусироваться на близких и далеких предметах, приспособляться к широкому диапазону яркости и различать цвета. Но давайте вспомним, какой широкий диапазон излучения остается для нас невидимым – и тут уж волей-неволей придется признать, что люди как биологический вид практически слепы. А слух – кого мы им удивим, скажите на милость?! Летучие мыши с легкостью дадут нам сто очков вперед: чувствительность их слуха превосходит нашу на порядок. А если бы человеческое обоняние было сравнимо с собачьим, то контрабанду на таможне в аэропорту вынюхивал бы Фред, а не Рекс.

Вся история открытий, которые совершало человечество, пронизана безудержным желанием преодолеть врожденную ограниченность наших органов чувств. Именно это желание и помогает нам открывать новые окна во Вселенную. Например, начиная с 60-х годов прошлого века, когда первые советские и американские космические аппараты были отправлены на другие планеты и на Луну, стандартным инструментом космической экспансии стали зонды с компьютерным управлением, которые мы вполне можем называть роботами. У роботов в космосе масса очевидных преимуществ перед людьми: их дешевле запускать, они могут проводить высокоточные эксперименты без неудобного скафандра, кроме того, с традиционной точки зрения они не живые, а значит, не могут погибнуть в результате космической аварии. Однако пока еще компьютеры не могут обладать ни человеческим любопытством, ни человеческими озарениями, они пока еще не научились синтезировать информацию и распознавать случайные находки и открытия, даже если уткнутся в них носом (и даже если не уткнутся), и поэтому роботы остаются всего лишь орудиями, придуманными для того, чтобы делать открытия, которые мы уже ожидаем.

К сожалению, очень может быть, что самые важные вопросы о природе мироздания мы еще просто не задавали.

Более всего нам удалось усовершенствовать наши убогие органы чувств, когда мы научились заглядывать в невидимые части так называемого электромагнитного спектра. В конце XIX века немецкий физик Генрих Герц проделал эксперименты, которые помогли объединить

в рамках одной системы понятий различные формы излучения, которые раньше считали не связанными между собой. Радиоволны, инфракрасное излучение, видимый свет и ультрафиолет оказались близкими родственниками из семейства света – как выяснилось, они отличаются друг от друга всего лишь энергией. Полный спектр, в том числе все его части, открытые после работ Герца, простирается от низкоэнергичной области, которую мы называем радиоволнами, а далее в порядке возрастания энергии спектр переходит последовательно в микроволновое, а затем в инфракрасное излучение, в видимый свет (который охватывает семь цветов радуги – красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый), в ультрафиолет, рентгеновское излучение и гамма-лучи.

Современные ученые ничем не уступают Супермену с его рентгеновским зрением. Он, конечно, немного покрепче среднего астрофизика, зато нынешние астрофизики «видят» во всех основных частях электромагнитного спектра. Не будь у нас такого супер-зрения, мы были бы слепы и невежественны: многие астрофизические явления видны только через определенные окна, а в других окнах от них не видно и следа.

\* \* \*

А теперь заглянем во все эти окна во Вселенную по очереди – и начнем с радиоволн, для которых нужны совсем не те датчики, что находятся у человека в сетчатке.

В 1932 году Карл Янский, сотрудник Телефонных лабораторий Белла, вооружившись радиоантенной, первым «увидел» радиосигналы, исходящие из внеземного источника: он открыл центр галактики Млечный Путь. Радиосигнал от этого источника так интенсивен, что если бы человеческий глаз воспринимал только радиоволны, центр галактики был бы одним из самых ярких объектов на небе.

При помощи хитроумных электронных устройств можно передавать особым образом закодированные радиоволны, а затем превращать их в звуки. Это гениальное изобретение получило известность как «радио». Так что благодаря усовершенствованию зрения мы, в сущности, улучшили еще и слух. Однако любой источник радиоволн, как и практически любой другой источник энергии, можно использовать так, чтобы он заставлял вибрировать диафрагму динамика, хотя журналисты иногда неверно понимают этот простой факт. Например, когда было открыто радиоизлучение с Сатурна, астрономам оказалось несложно придумать

радиоприемник, оборудованный подобным динамиком. В нем радиоволновой сигнал преобразуется в слышимые звуковые волны, из-за чего один журналист заявил, что-де с Сатурна «доносятся звуки» и его обитатели хотят нам что-то сказать.

Теперь мы располагаем гораздо более чувствительными и хитроумными радиодетекторами, чем Карл Янский, и исследуем не только Млечный Путь, но и всю Вселенную. К первым данным о радиоволнах относились с недоверием, пока они не получили подтверждение благодаря наблюдениям на обычных телескопах – лишнее подтверждение нашему предрассудку, что «лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать». К счастью, большинство радиоизлучающих объектов испускают и какой-то видимый свет, так что от ученых не всегда требовалась слепая вера. Впоследствии радиотелескопы привели нас к целой сокровищнице открытий, в том числе, с их помощью были открыты квазары, которые до сих пор во многом остаются для нас загадкой (слово «квазар» – это вольное сокращение от «quasi-stellar radio source» – «квазизвездный радиоисточник») и относятся к числу самых далеких объектов в известной Вселенной.

Богатые газом галактики испускают радиоволны с помощью атомов водорода, которые находятся там в изобилии (атомы водорода составляют свыше 90 % всех атомов во Вселенной). При помощи больших массивов радиотелескопов, связанных друг с другом быстрой электроникой, можно получать изображения газа, содержащегося в галактиках, с высоким пространственным разрешением, которое позволяет обнаружить всевозможные неочевидные особенности распределения водорода – вихри, сгустки, бреши, волокна. Задача картографирования галактик во многом похожа на ту, что стояла перед географами XV и XVI веков, чьи попытки передать очертания континентов, несмотря на все искажения, отражали отважное стремление человечества описать миры, остававшиеся физически недосягаемыми.

\* \* \*

Если бы человеческий глаз воспринимал микроволновое излучение, это окно спектра позволило бы вам видеть сигнал от радара в руках дорожного инспектора, спрятавшегося в кустах на обочине автомагистрали. А телефонные вышки прямо-таки сияли бы ослепительным светом. Однако отметьте, что внутренность микроволновки у вас в кухне выглядела бы по-

прежнему, поскольку дверца с вделанной в нее сеткой отражает микроволны обратно и не дает им вырваться наружу. Так она не дает стекловидному телу ваших любопытных глаз испечься вместе с едой.

Широко применять микроволновые телескопы для изучения Вселенной стали лишь с конца 60-х годов. Они позволяют нам заглянуть в холодные плотные облака межзвездного газа, которые затем схлопываются и образуют звезды и планеты. Тяжелые элементы в этих облаках охотно образуют сложные молекулы, чьи характерные признаки в микроволновой части спектра ни с чем не спутаешь, поскольку они соответствуют точно таким же молекулам, которые есть на Земле.

С некоторыми космическими молекулами мы давно познакомились у себя дома:

$\text{NH}_3$  (аммиак),

$\text{H}_2\text{O}$  (вода).

Есть среди них и смертоносные:

$\text{CO}$  (угарный газ),

$\text{HCN}$  (синильная кислота).

Кое-какие напоминают о больнице:

$\text{H}_2\text{CO}$  (формальдегид),

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (этиловый спирт).

А кое-какие ни о чем не напоминают:

$\text{N}_2\text{H}^+$  (дiazиниум),

$\text{CHC}_3\text{CN}$  (цианоацетилен).

Всего в космосе обнаружено почти 130 видов молекул, в том числе глицин – аминокислота, служащая строительным материалом для белка, а следовательно, и для жизни в том виде, в каком мы ее знаем.

Именно микроволновому телескопу мы, безусловно, обязаны самым важным открытием в астрофизике за всю ее историю. Жар, оставшийся от Большого Взрыва, положившего начало Вселенной, уже остыл до температуры примерно в три градуса по абсолютной шкале Кельвина. (Мы еще поговорим подробнее о том, что нуль градусов по абсолютной температурной шкале соответствует самой низкой возможной температуре, поэтому отрицательных температур на ней нет. Абсолютный нуль соответствует  $-273$  градусам по Цельсию, а комнатная температура – примерно 300 градусов по Кельвину.) В 1965 году реликты Большого Взрыва случайно открыли сотрудники Телефонных лабораторий Белла Арно Пензиас и Роберт Уилсон, за что и получили Нобелевскую премию.

Эти реликты представляют собой вездесущий и всеобъемлющий океан излучения, в котором преобладают радиоволны.

Пожалуй, это открытие – эталон научного везения. Пензиас и Уилсон ставили перед собой очень скромную цель – найти источники земного происхождения, которые интерферируют с микроволновыми линиями связи, – а нашли неоспоримое свидетельство, что теория происхождения Вселенной в результате Большого Взрыва верна. Это все равно что удить уклеек, а поймать голубого кита.

\* \* \*

Если двинуться дальше по электромагнитному спектру, мы попадем в инфракрасный диапазон. Для человека он тоже невидим, зато прекрасно знаком любителям фаст-фуда: картошку-фри в ожидании покупателей держат под инфракрасными лампами, чтобы не дать ей остывать по нескольку часов. Эти лампы испускают и видимый свет, однако их активный ингредиент – именно многочисленные невидимые инфракрасные фотоны, которые и выпитывает готовое блюдо. Если бы человеческая сетчатка воспринимала инфракрасный свет, то в обычных домах по ночам, с выключенным светом, были бы видны все предметы, температура которых превышает комнатную, – в том числе уют (если он был включен и еще не успел остыть), металл вокруг горелок на плите, трубы горячей воды и обнаженная кожа всех людей, которые попадут в поле зрения. Конечно, это далеко не такая информативная картина, как в видимом свете, однако два-три творческих способа пустить полученные сведения в дело вы наверняка придумаете – например, поглядеть на свой дом зимой и увидеть, где крыша или окна пропускают тепло.

В детстве я был уверен, что ночью, при выключенном свете, в инфракрасном диапазоне видны чудовища, которые прячутся в шкафу в спальне, но только при условии, что они теплокровные. Однако всем известно, что ночные чудовища – чаще всего рептилии, и кровь у них холодная. Поэтому инфракрасное зрение ничуть не поможет разглядеть чудовище: оно сольется со стенами и полом.

Во Вселенной инфракрасное окно особенно полезно при изучении плотных облаков, в которых прячутся звездные питомники. Новообразованные звезды зачастую прячутся за завесой остаточного газа и пыли. Эти облака поглощают почти весь видимый свет таящихся в них звезд и переизлучают его в инфракрасном диапазоне, поэтому окно

видимого света здесь не поможет. Видимый свет поглощается межзвездными пылевыми облаками, а инфракрасный проходит их насквозь с минимальными изменениями, что особенно полезно при изучении объектов, находящихся в плоскости нашей галактики Млечный Путь, поскольку именно отсюда видимый свет звезд почти не доходит. А здесь, у нас дома, инфракрасные спутниковые снимки земной поверхности, помимо всего прочего, показывают, где проходят теплые океанские течения вроде Северного Пассатного течения, которое обтекает Британские острова (лежащие гораздо севернее всего штата Мэн) и лишает их возможности сделаться шикарным лыжным курортом.

Энергия, испускаемая Солнцем, температура на поверхности которого составляет около 6000 градусов по Кельвину, охватывает большую часть инфракрасного спектра, однако в основном приходится на видимую его часть, как и чувствительность человеческой сетчатки, – если вдуматься, именно поэтому мы так хорошо видим при дневном свете. Если бы не это спектральное соответствие, мы имели бы полное право жаловаться, что чувствительность нашей сетчатки пропадает впустую.

Обычно мы не считаем, что видимый свет обладает какой-то особенной проходимостью, но сквозь воздух и стекло он проходит практически беспрепятственно. Однако ультрафиолетовую часть спектра обычное стекло не пропускает, поэтому стеклянные окна мало чем отличались бы от кирпичной стены, будь наши глаза чувствительны только к ультрафиолету.

Ультрафиолет в изобилии производят звезды, которые в три-четыре раза горячее Солнца. К счастью, эти звезды ярко излучают и в видимой части спектра, поэтому их открытие не зависело от доступа к ультрафиолетовым телескопам. Озоновый слой в нашей атмосфере поглощает львиную долю ультрафиолета, рентгеновских и гамма-лучей, которые на него попадают, поэтому подробный анализ самых горячих звезд возможен лишь с орбиты Земли или еще более далеких от нас точек. Так что эти высокоэнергичные окна спектра – относительно молодой раздел астрофизики.

\* \* \*

Первую Нобелевскую премию по физике получил немецкий физик Вильгельм Рентген в 1901 году, и это событие словно бы знаменовало начало нового века расширенного зрения. И ультрафиолет, и рентгеновское

излучение позволяют обнаружить один из самых экзотических объектов во Вселенной – черные дыры. Черные дыры не испускают никакого света, их гравитация так сильна, что удерживает даже свет, поэтому их существование можно зарегистрировать косвенно, по энергии, испускаемой веществом, которое падает по спирали на поверхность черной дыры со звезды-компаньона или из межзвездной среды. Все это сильно напоминает водоворот в сливе ванной. При температурах более чем в двадцать раз превышающих температуру поверхности Солнца, ультрафиолетовое и рентгеновское излучение становится преобладающей формой энергии, испускаемой веществом непосредственно перед тем, как оно падает в черную дыру.

Сам акт научного открытия отнюдь не предполагает, что ты либо заранее, либо пост-фактум знаешь, что именно открыл. Так было и с микроволновым реликтовым излучением, так происходит и сейчас с гамма-всплесками. Как мы увидим в части VI, в гамма-окно видны загадочные всплески высокоэнергичных гамма-лучей, разбросанные по всему небу. Их удалось открыть благодаря космическим гамма-телескопам, но происхождение и причина этих всплесков пока остаются неизвестными.

Если обобщить понятие зрения и включить в него и детектирование субатомных частиц, нельзя не упомянуть о нейтрино. Неуловимое нейтрино – это субатомная частица, которая образуется каждый раз, когда протон превращается в нейтрон и позитрон, антивещественный партнер электрона. Казалось бы, какое-то волшебство, а тем не менее этот процесс происходит в ядре Солнца примерно сто миллиардов миллиардов миллиардов миллиардов ( $10^{38}$ ) раз в секунду. Затем нейтрино преспокойно покидают Солнце – будто его и нет. Нейтринный «телескоп» позволил бы прямо заглянуть в солнечное ядро, рассмотреть непрерывно происходящий там термоядерный синтез, о котором ни одна полоса электромагнитного спектра ничего не скажет. Однако поймать нейтрино необычайно трудно, поскольку они практически не взаимодействуют с веществом, так что хороший и эффективный нейтринный телескоп – это пока что лишь мечта, возможно, и недостижимая.

Когда мы научимся регистрировать гравитационные волны – это еще одно пока не открытое окно во Вселенную, – то сможем распознавать космические катастрофы. Однако сейчас, когда я пишу эти строки, гравитационные волны, существование которых как ряби на ткани пространства-времени было предсказано еще в 1916 году в рамках общей теории относительности Эйнштейна, пока что не зарегистрированы

ни от одного источника. Физики из Калифорнийского технологического института разрабатывают особый детектор гравитационных волн, который состоит из двух вакуумных труб длиной по 4 километра, соединенных под прямым углом. В трубах находятся лазеры. Если мимо проходит гравитационная волна, путь света в одной из труб будет на время чуть-чуть отличаться по длине от пути света в другой трубе. Этот эксперимент известен как LIGO – Лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория. Чувствительности установки хватит, чтобы регистрировать гравитационные волны от звезд, столкнувшихся более чем в 100 миллионах световых лет от нас. Легко представить себе, что настанут времена, когда гравитационные события во Вселенной – столкновения, взрывы, коллапс звезд – будут рутинно наблюдаться при помощи подобных устройств. Более того, когда-нибудь нам, возможно, удастся распахнуть это окно пошире, заглянуть за матовую завесу микроволнового реликтового излучения – и увидеть само начало времен.

## Глава семнадцатая

### Космос в цвете

Лишь у считанных объектов на ночном небосклоне Земли хватит яркости, чтобы возбудить чувствительные к цвету колбочки – клетки нашей сетчатки. На это способна, например, красная планета Марс. И голубая звезда-сверхгигант Ригель (правое колено Ориона), и красная звезда-сверхгигант Бетельгейзе (левая подмышка Ориона). Однако помимо этих выдающихся светил ничего, пожалуй, и не назовешь. Невооруженному глазу космос предстает темным и бесцветным.

Вселенная являет свои подлинные цвета, лишь если нацелить на нее большие телескопы. Светящиеся объекты вроде звезд бывают трех основных цветов – красные, белые и голубые; наверное, этот факт порадовал бы отцов-основателей. Межзвездные газовые облака могут быть практически любых цветов в зависимости от того, какие в них присутствуют химические элементы, а также от того, как их фотографируют, а вот цвет звезды прямо зависит от температуры на поверхности. Холодные звезды красные. Теплые звезды белые. Горячие звезды голубые. Очень горячие звезды все равно голубые. А очень-очень-очень горячие – ну, вроде центра Солнца, где 15 миллионов градусов? Голубые. Для астрофизика и раскаленная докрасна кочерга, и накаленная добела обстановка – понятия, требующие серьезного уточнения.

Казалось бы, все просто. Но так ли это?

В результате сговора между астрофизическими законами и человеческой физиологией зеленые звезды оказались запрещены. А как же желтые звезды? Некоторые учебники астрономии, многие научно-фантастические романы и рассказы и практически любой прохожий на улице поддерживают движение «За желтое Солнце». Однако профессиональные фотографы руку дадут на отсечение, что Солнце голубое: пленка для съемки «при дневном свете» сбалансирована по цветам с расчетом на то, что источник света – по всей видимости, Солнце – испускает голубой свет. Старомодные фотовспышки в виде кубиков из синих ламп – всего лишь одна из множества попыток воссоздать голубой солнечный свет при съемке в закрытом помещении с использованием пленки для дневного света. А художники-пейзажисты возразят, что Солнце чисто-белое и тем самым позволяет им точно видеть цвета выбранных красок.

Нет никаких сомнений, что вблизи от пыльного горизонта на восходе и закате Солнце бывает подернуто желто-оранжевой патиной. Однако в полдень, когда атмосферное рассеяние минимально, о желтом мы и не вспоминаем. На самом деле источники подлинно желтого цвета окрашивают белые предметы в желтый. Так что будь Солнце по-настоящему желтым, снег тоже казался бы желтым, даже вдалеке от пожарных гидрантов.

\* \* \*

Для астрофизика «холодные» объекты – это объекты с температурой на поверхности между 1000 и 4000 градусов по Кельвину, которые в целом описываются как красные. Однако нити накаливания в высоковольтных лампах редко разогреваются больше чем до 3000 градусов по Кельвину (при 3680 К вольфрам уже плавится) – а с виду они белые-белые. Ниже 1000 градусов предметы стремительно теряют яркость в видимой части спектра. Космические тела с такой температурой называются коричневыми карликами. И не потому, что они коричневые, – они вообще почти не испускают видимого света.

Раз уж мы об этом заговорили, черные дыры тоже не совсем черные. На самом деле они очень медленно испаряются, поскольку испускают очень маленькие количества света с края горизонта событий – этот процесс описал физик Стивен Хокинг. В зависимости от массы черной дыры она может испускать свет в любой форме. Чем меньше черные дыры, тем быстрее они испаряются, а потом им приходит конец, что знаменуется бешеной вспышкой энергии, а также видимого света.

\* \* \*

Современные иллюстрации к научным и научно-популярным текстам, которые показывают по телевизору и печатают в книгах и журналах, зачастую сделаны с помощью искусственной палитры цветов. Особенно в этом преуспели создатели телевизионных прогнозов погоды – они обозначают, скажем, ливневые дожди одним цветом, а просто дожди – другим. Когда астрофизики создают изображения космических объектов, то обычно приписывают шкале яркостей этих объектов произвольный набор цветов. Например, самые яркие объекты обозначают красным,

а самые тусклые – синим. Поэтому те цвета, которые вы видите, не имеют никакого отношения к подлинному цвету объекта. Как и в метеорологии, некоторые из этих изображений окрашены в цвета, имеющие отношение к каким-то другим качествам, например к химическому составу или температуре объекта. И совсем не редкость – изображение спиральной галактики, раскрашенное в соответствии с вращением: то, что движется на зрителя, окрашено разными оттенками синего, то, что движется от него, – разными оттенками красного. В этом случае выбор цветов заставляет вспомнить синий и красный доплеровский сдвиг, выдающий движение объекта.

На карте знаменитого реликтового излучения некоторые области теплее среднего. И, разумеется, некоторые холоднее, как же иначе. Диапазон составляет одну сотысячную градуса. Как отразить этот факт? Сделать теплые участки красными, а холодные синими – или наоборот. Так или иначе, очень маленькие колебания температур на изображении будут бросаться в глаза и казаться очевидными.

Иногда широкая публика видит полноцветное изображение космического объекта, который был сфотографирован в невидимом диапазоне, например в инфракрасном или в радиодиапазоне. Как правило, в таких случаях мы приписываем три цвета – обычно классические красный, зеленый и синий (палитра «RGB») – трем разным участкам спектральной полосы. В результате подобных упражнений полноцветное изображение строится так, словно мы от природы обладаем способностью видеть цвета в этих невидимых частях спектра.

Из всего этого следует, что обычные, обиходные цвета вполне могут значить для ученых совсем не то, что для всех прочих. В тех случаях, когда астрофизики решают говорить напрямик, без метафор, у них есть инструменты и методы, которые позволяют определить, какой именно цвет испускается или отражается от того или иного объекта, и не зависеть от вкусов художника или от капризов человеческого цветовосприятия. Однако подобные методы не делают скидок на неподготовленного зрителя. При построении изображений используются логарифмические отношения интенсивностей испускаемого объектом излучения в разных фильтра, которые выстроены в тщательно продуманную систему, учитывающую, кроме всего прочего, зависимость чувствительности детектора от энергии регистрируемого света. Видите, я же предупреждал, что мы не делаем скидок на неподготовленность. Когда отношение интенсивностей, скажем, уменьшается, объект на компьютерном изображении становится более голубым независимо от того, какого «цвета» он был изначально.

С кем капризы человеческого восприятия сыграли злую шутку – так это с состоятельным американским астрономом-любителем и большим фанатом Марса Персивалем Лоуэллом. На рубеже XIX и XX столетий он сделал очень подробные зарисовки поверхности Марса. Чтобы делать подобные наблюдения, нужно, чтобы воздух в обсерватории был сухой и неподвижный – тогда свет от планеты не исказится и не смажется на пути к твоей сетчатке. Потому-то Лоуэлл в 1894 году и основал Обсерваторию Лоуэлла, крупнейшую частную обсерваторию в США, в засушливой Аризоне, на вершине Марсианского холма. Богатая железом, ржавая поверхность Марса выглядит красной при любом увеличении, однако Лоуэлл заметил на ней еще и много зеленых пятен, а также переплетение каналов – по крайней мере, именно так он описал их и зарисовал: по его мнению, это были искусственные водоводы, предположительно построенные самыми настоящими живыми марсианами, которые стремились доставить драгоценную воду от полярных ледников в свои города, деревни и сельскохозяйственные угодья.

По поводу вуайеристской страсти поглядывать за инопланетянами у Лоуэлла мы сейчас распространяться не будем. Давайте лучше побеседуем о каналах и зеленых пятнах растительности. Персиваль, сам того не ведая, стал жертвой двух широко известных оптических иллюзий. Во-первых, человеческий мозг практически всегда стремится выделить какую-то визуальную закономерность даже там, где никакой закономерности нет. Ярчайший пример – это созвездия в небе: результат игры воображения сонных обывателей, которые искали порядок в случайных группах звезд. Подобным же образом мозг Лоуэлла интерпретировал никак не связанные между собой особенности поверхности и атмосферы Марса и решил, что это осмысленные крупномасштабные конструкции.

Вторая иллюзия состоит в том, что серый цвет рядом с рыжеватокрасным кажется сине-зеленым: этот эффект первым заметил французский химик М. Э. Шеврель еще в 1839 году. Поверхность Марса сплошь тусклокрасная с отдельными участками серо-коричневого. А сине-зеленый появился в результате физиологического эффекта: область нейтрального цвета по контрасту с рыже-оранжевым кажется глазу синеваато-зеленой.

Сыграл свою роль и другой физиологический эффект, не вполне

очевидный и не вызывающий такого конфуза: обычно мозг корректирует цвета в соответствии с обстановкой, в которую попадаешь. Вот, скажем, в джунглях, где практически весь свет, пробившийся сквозь листву, прошел сквозь зеленый фильтр (то есть сквозь листву), молочно-белый лист бумаги должен тоже показаться зеленым. Однако этого не происходит. Несмотря на особое освещение, мозг делает его белым.

Приведу пример попроще: вспомните, как поздно вечером выглядят окна, за которыми люди смотрят телевизор. Если в комнате нет источников света, кроме телевизора, стены комнаты окрасятся в нежно-голубой цвет. Но мозг телезрителей, залитых светом от экрана, корректирует цветовую гамму интерьера, поэтому сами они никакого искажения не замечают. Эта физиологическая компенсация не даст первым марсианским колонистам заикнуться на преобладающем в пейзаже красном цвете. Более того, первые изображения, которые отправил на Землю в 1976 году марсоход «Викинг», были преднамеренно подкрашены темно-красным, чтобы соответствовать ожиданиям прессы.

\* \* \*

В середине XX века ночное небо стали систематически фотографировать с одного и того же места неподалеку от города Сан-Диего в штате Калифорния. Получившаяся в результате беспрецедентная база данных, которая называется «Паломарский обзор неба» (Palomar Observatory Sky Survey), легла в основу долгосрочных прицельных наблюдений, которыми занимается уже целое поколение астрофизиков. Исследователи космоса фотографировали небо дважды при одинаковой экспозиции на два разных сорта особых черно-белых фотографических пластин фирмы «Кодак»: одна разновидность была более чувствительна к синему свету, другая – к красному. (В корпорации «Кодак» появилось целое подразделение, чьей задачей было обслуживать этот фотографический фронт; коллективные усилия астрономов и сотрудников фирмы и вывели отдел НИОКР в «Кодаке» на нынешний высокий уровень.) Если вас интересует какой-то небесный объект, первым делом сравните его снимки на «красной» и «синей» пластине – и получите первые данные о том, какой именно свет он излучает. Например, очень красные объекты ярко видны на красных фотографиях, однако едва различимы на синих. Подобного рода информация позволяет выработать программы дальнейшего наблюдения за выбранным объектом.

Диаметр Космического телескопа им. Хаббла обладает достаточно скромными размерами по сравнению с крупнейшими наземными телескопами – всего 2,4 метра, – однако этот аппарат все равно сделал весьма впечатляющие цветные снимки космоса. Самые значительные из них вошли в серию «Наследие телескопа им. Хаббла» (Hubble Heritage Project), благодаря которой заслуги этого космического аппарата останутся в наших умах и сердцах. Однако широкая публика сильно удивится, если узнает, каким именно образом астрофизики получают цветные изображения. Прежде всего, мы применяем ту же цифровую технологию CCD, что и в любительских видеокамерах, только мы начали ею пользоваться на десять лет раньше вас и наши детекторы не в пример лучшего качества. Во-вторых, прежде чем свет попадает в CCD, мы фильтруем его одним из нескольких десятков способов. Для обычного цветного снимка мы получаем три последовательных изображения объекта через широкополосные фильтры – красный, зеленый и синий. Несмотря на названия, вместе эти фильтры охватывают весь видимый спектр. Затем мы комбинируем на компьютере все три снимка так же, как компьютер у вас в черепной коробке комбинирует сигналы от колбочек в сетчатке, чувствительных к красному, зеленому и синему цвету. Так создается цветная картинка, очень напоминающая то, что увидели бы вы сами, если бы глаз у вас был 2,4 метра в диаметре.

Однако предположим, что какой-то объект из-за квантовых свойств своих атомов и молекул испускает свет исключительно на определенных длинах волн. Если мы заранее это знаем и применяем узкие фильтры, центры которых находятся именно на этих длинах волн, то можем сузить чувствительность изображения до конкретного узкого диапазона, вместо того чтобы использовать широкополосную палитру RGB. Каков же результат? На картинке яснее ясного станут видны всевозможные особенности и странности нашего объекта, структура и текстура, которая иначе осталась бы незамеченной. За примерами не приходится далеко ходить – они прямо здесь, у нашего космического порога. Откровенно признаюсь, что никогда в жизни не видел красное пятно на Юпитере в обычный телескоп. Иногда оно ярче, иногда бледнее, но в любом случае лучше смотреть на него сквозь фильтр, который выделяет красные длины волн, исходящих от молекул в газовых облаках.

Если взглянуть на галактику, то кислород поблизости от областей звездообразования, среди разреженного газа межзвездной среды, испускает чисто зеленый цвет. (Именно это и натолкнуло ученых на мысль о загадочном элементе «небулии», о котором мы уже упоминали.) Стоит

поставить соответствующий фильтр – и излучение в характерных линиях кислорода попадает на датчик, не будучи замутненным посторонним зеленым светом, который вполне может исходить от чего-то другого, находящегося поблизости. Яркие оттенки зеленого, которые бросаются в глаза на многих изображениях с телескопа им. Хаббла, – это те самые богатые кислородом области на фоне ночного неба. А если поставишь фильтр, настроенный на другие виды атомов и молекул, цветные изображения станут инструментом химического анализа космоса. Телескоп им. Хаббла так хорошо умеет это делать, что галерея его знаменитых цветных снимков совсем не похожа на классические изображения тех же самых объектов в палитре RGB, которые делались на других аппаратах в попытке имитировать цветовосприятие человеческого глаза.

Предметом бурных споров стал вопрос о том, содержат ли снимки с телескопа им. Хаббла «истинные» цвета. Одно можно утверждать с уверенностью: «ложных» цветов там нет. Это все настоящие цвета, испускаемые настоящими астрофизическими объектами и явлениями. Пуристы настаивают, что мы оказываем широкой публике медвежью услугу, поскольку показываем космические цвета не так, как их воспринял бы человеческий глаз. Однако я убежден, что если бы можно было подстроить нашу с вами сетчатку для восприятия узкополосного света, мы увидели бы все точно так же, как телескоп имени Хаббла. Более того, я убежден, что «если бы» в предыдущем предложении – не большая натяжка, чем «если бы» в фразе «Если бы ваши глаза были размером с большие телескопы».

Остается еще один вопрос: какой получится цвет, если смешать видимый свет ото всех светящихся объектов во Вселенной? Проще говоря, какого цвета Вселенная? К счастью, некоторые ученые, не найдя себе другого занятия, нашли на него ответ. Карл Глейзбрук и Айвен Болдри из Университета Джонса Хопкинса после первоначальной ошибочной гипотезы о том, что Вселенная окрашена в нечто среднее между цветом морской волны и бледно-бирюзовым, исправили свои вычисления и определили, что на самом деле Вселенная нежно-бежевая – можно назвать этот цвет «космическим латте». Цветовые откровения Глейзбрука и Болдри основаны на исследованиях видимого света более чем 200 000 галактик, занимающих во Вселенной большой, репрезентативный объем.

Слово «фотография» изобрел сэр Джон Гершель, английский астроном XIX века. Астрофизики – к вящему замешательству, а иногда все же и к восторгу широкой публики – с тех пор так и этак колдуют над этим

процессом и останавливаться не собираются.

## Глава восемнадцатая

### Космическая плазма

Врачебный лексикон совпадает с астрофизическим лишь в единичных случаях. В человеческом черепе есть «орбиты» – более или менее круглые впадины, которые называются еще и глазницами; посередине под грудиной находится «солнечное» сплетение, однако ни квазаров, ни галактик в организме нет. Что касается орбит, то тут медицинский и астрофизический смысл во многом если не совпадает, то смыкается, а вот слово «плазма», хотя и часто упоминается в обеих дисциплинах, означает настолько разные вещи, что они не имеют друг с другом ничего общего. Переливание плазмы крови может спасти жизнь, а даже самая мимолетная встреча с сияющим шаром из астрофизической плазмы, температура которой составляет миллион градусов, оставит от вас только облачко дыма.

Астрофизическая плазма встречается в космосе везде и повсюду, однако в учебниках для младших курсов и в популярной прессе о ней почти никогда не говорят. В научно-популярных статьях и книгах плазму часто называют четвертым состоянием вещества из-за пестрой россыпи качеств, которые отличают плазму от привычных твердых, жидких и газообразных тел. В плазме есть свободно движущиеся атомы и молекулы, как в газе, однако она может проводить электрический ток, а также «замораживать» пронизывающее ее магнитное поле. Большинство атомов в плазме по тем или иным причинам лишены электронов. А сочетание высокой температуры с низкой плотностью приводит к тому, что электроны воссоединяются с атомами лишь изредка. В целом плазма остается электрически нейтральной, поскольку общее число (отрицательно заряженных) электронов равно общему числу (положительно заряженных) протонов. Однако внутри плазмы так и снуют электрические токи и магнитные поля, поэтому во многих отношениях она ведет себя точь-в-точь как идеальный газ, о котором мы столько наслушались на уроках физики и химии в старших классах.

\* \* \*

Воздействие на вещество электрических и магнитных полей практически всегда так велико по сравнению с силой гравитации, что ей

можно пренебречь. Электрическая сила притяжения между протоном и электроном на сорок порядков сильнее гравитационного взаимодействия. Электромагнитные силы так мощны, что детский магнит легко поднимает со стола скрепку, невзирая на гигантское тяготение Земли. Хотите пример поинтереснее? Если вы умудритесь вытащить все электроны из кубического миллиметра атомов под носом у космического шаттла и размажете их по взлетной площадке, сила их притяжения окажется такова, что шаттл не взлетит. У него заработают все двигатели – а сам он не сдвинется с места. И если бы астронавты с «Аполлона» привезли домой на Землю все электроны из горстки лунной пыли (оставив на Луне все атомы, из которых они забрали электроны), сила притяжения превзошла бы гравитационную тягу между Землей и Луной.

Самые заметные примеры плазмы на Земле – это огонь, молния, след падающей звезды и статический разряд, который больно ударяет вас, если надеть шерстяные носки, пошаркать по ковру, а потом взяться за металлическую дверную ручку. Электрические разряды – это зигзагообразные потоки электронов, которые стремительно пролетают по воздуху, когда слишком много электронов скапливается в одном месте. Если заглянуть в мировую статистику гроз, молнии ударяют в Землю несколько тысяч раз в час. Воздушный столб толщиной в сантиметр, по которому проходит разряд молнии, за долю секунды превращается в плазму и ярко светится, поскольку поток электронов мгновенно разогревает его до миллионов градусов.

Каждая падающая звезда – это крошечная частичка межпланетного мусора, которая движется так быстро, что сгорает в воздухе и опускается на Землю в виде безобидной космической пыли. Примерно то же самое происходит с космическим кораблем, который возвращается в атмосферу. Поскольку обитатели корабля не видят особого смысла в том, чтобы приземляться на орбитальной скорости в 30 000 километров в час (около 8 километров в секунду), кинетическую энергию надо куда-то девать. При входе в атмосферу она превращается в тепло на передней части космического корабля и быстро выделяется теплозащитной обшивкой. Именно поэтому астронавты, в отличие от падающих звезд, прибывают на Землю не в виде пыли. Во время спуска в течение нескольких минут жар так силен, что каждая молекула рядом с космической капсулой ионизируется, на время окутывая астронавтов плазменным барьером, сквозь который не проходят никакие сигналы связи. Это и есть знаменитый период исчезновения сигнала, когда корабль светится, а в ЦУПе ничего не знают о самочувствии астронавтов. Потом корабль замедляется

в атмосфере, температура падает, воздух становится плотнее, и плазма прекращает существование. Электроны возвращаются к своим атомам, а связь быстро налаживается.

\* \* \*

На Земле плазма встречается относительно редко, зато составляет более 99,99 % всего видимого вещества в космосе. Сюда входят все светящиеся звезды и газовые облака. Почти на всех прекрасных фотографиях туманностей в нашей галактике, полученных космическим телескопом им. Хаббла, видны разноцветные газовые облака плазмы. На форму и плотность некоторых из них сильно влияет присутствие магнитных полей, созданных близкими источниками. Плазма способна удерживать магнитное поле в своих границах, она вертит им – и вообще искажает – как может. Сложные отношения плазмы с магнитным полем – основная причина одиннадцатилетнего цикла солнечной активности. У солнечного экватора газ вращается немного быстрее, чем у полюсов. Этот перепад дурно влияет на цвет лица нашего светила. Магнитное поле Солнца заключено внутри его плазмы, поэтому оно искажается и растягивается. Кривое, искореженное магнитное поле пробивается сквозь поверхность Солнца, таща за собой плазму – от этого и возникают солнечные пятна, вспышки, протуберанцы и прочие прыщи и раздражения.

Именно эта взаимосвязь и приводит к тому, что Солнце вышвыривает в пространство до миллиона тонн заряженных частиц в секунду – в том числе электроны, протоны и голые ядра гелия. Этот поток частиц, когда легкое дуновение, а когда и настоящий ураган, принято называть солнечным ветром. Солнечный ветер – возможно, самый знаменитый вид плазмы – приводит к тому, что хвосты комет направлены от Солнца независимо от направления движения кометы. Именно солнечный ветер и вызывает северные (и южные) сияния, когда сталкивается с молекулами земной атмосферы поблизости от магнитных полюсов, причем так бывает не только на Земле, но и на всех остальных планетах, где есть атмосфера и сильные магнитные поля. В зависимости от температуры плазмы и от ее атомного и молекулярного состава, некоторые свободные электроны занимают места в электронных оболочках атомов, где имеются вакансии, и как по лестнице скатываются вниз по множеству энергетических уровней в этих оболочках. По пути электроны испускают свет со строго определенными длинами волн. Своей чудесной цветовой гаммой северные

сияния – как, впрочем, и неоновые трубки, флуоресцентные лампы, а также декоративные плазменные лампы, которые продают в третьеразрядных магазинах подарков, – обязаны именно буйным шалостям электронов.

Благодаря современным спутникам-обсерваториям у нас появилась беспрецедентная возможность следить за солнечной активностью и солнечным ветром с такой же легкостью, как мы следим за ежедневной сводкой земной погоды. Мое первое телевизионное интервью для вечернего выпуска новостей было связано именно с тем, что Солнце запустило прямо в Землю плазменной плюшкой. Все – по крайней мере, журналисты – страшно перепугались, что когда она угодит в Землю, цивилизации конец. Я уговаривал зрителей не волноваться, ведь нас надежно защищает магнитное поле, и предложил воспользоваться случаем, съездить куда-нибудь на север и полюбоваться северным сиянием, которое вызовет солнечный ветер.

\* \* \*

Разреженная солнечная корона, тот самый сияющий ореол, который видно во время полного солнечного затмения вокруг силуэта Луны, – это плазма с температурой в пять миллионов градусов, составляющая внешнюю часть атмосферы Солнца. При таких высоких температурах корона является главным источником рентгеновского излучения, наблюдаемого от Солнца, однако в других условиях она не видна невооруженному глазу. В диапазоне видимого света солнечная поверхность – фотосфера – такая яркая, что ее сияние полностью затмевает корону.

В атмосфере Земли есть целый слой, где солнечный ветер выбивает электроны из атомов, отчего создается покров плазмы, который мы называем ионосферой. Этот слой отражает определенные частоты радиоволн, в том числе и длинноволновый (АМ) диапазон вашего радиоприемника. Именно это свойство ионосферы позволяет АМ-сигналам проходить сотни километров, а «коротковолновое» радио уходит на тысячи километров далеко за горизонт. Сигналы в диапазоне FM и телевещательные сигналы, обладающие гораздо более высокой частотой, проходят атмосферу насквозь и уносятся в космос со скоростью света. Любая инопланетная цивилизация, стоит ей на нас настроиться, запросто узнает все про наши телешоу (что, наверное, не так уж хорошо), услышит все наши музыкальные FM-радиостанции (что, наверное, не так уж плохо)

и ничего не узнает о политических дебатах на АМ-радиостанциях (а это, наверное, только к лучшему).

Большинство видов плазмы плохо влияют на органические вещества. Во всем сериале «Звездный путь» самая опасная работа у того персонажа, который исследует сияющие плазменные шары на неведомых планетах, куда попадают герои. (Помнится, что этот персонаж всегда был в красной рубашке.) Каждый раз, столкнувшись с плазменным шаром, герой испаряется. Казалось бы, если ты родился в XXV веке, пора бы научиться относиться к плазме с уважением, или уж тогда не наряжайся в красное. Мы, жители XXI века, еще нигде толком не побывали, а уже очень уважаем плазму.

\* \* \*

В термоядерных реакторах, где за плазмой наблюдают с безопасного расстояния, мы пытаемся на высокой скорости столкнуть ядра водорода и превратить их в более тяжелые ядра гелия. При этом мы высвобождаем энергию, которой могло бы хватить на удовлетворение потребности общества в электричестве. Беда в том, что мы еще не преуспели в том, чтобы получать больше энергии, чем вкладываем. Чтобы добиться столкновения на столь высоких скоростях, сгусток атомов водорода нужно разогреть до десятков миллионов градусов. В такой обстановке нечего и надеяться, что электроны останутся в атомах. При таких температурах все электроны вырываются из своих атомов водорода и отправляются в свободное плавание. Как же удержать сияющий шар водородной плазмы при температуре в миллионы градусов? В какой емкости хранить? Пластиковый контейнер для микроволновки тут не подойдет, даже дорогой и фирменный. Нужна такая бутылка, которая не расплавится, не распадется, не испарится. Мы уже упоминали о том, что можно воспользоваться в своих интересах отношениями между плазмой и магнитным полем и создать своего рода «бутылку», стенки которой состоят из мощных магнитных полей, за которые плазма не в состоянии просочиться. Экономическая выгода от хорошего термоядерного реактора отчасти зависит от устройства его магнитной бутылки и от того, насколько правильно мы понимаем, как взаимодействует с ней плазма.

Почетное место среди самых экзотических искусственных состояний вещества занимает недавно выделенная кварк-глюонная плазма, созданная учеными в Брукхейвенской национальной лаборатории – в ускорителе

частиц, расположенном на Лонг-Айленде в Нью-Йорке. Кварк-глюонная плазма состоит не из атомов, лишившихся электронов, а из смеси самых фундаментальных составляющих вещества – кварков с дробным зарядом и глюонов, которые обычно скрепляют их вместе, создавая протоны и нейтроны как таковые. Эта необычная разновидность плазмы сильно напоминает состояние Вселенной спустя долю секунды после Большого Взрыва. Примерно тогда вся наблюдаемая Вселенная уместилась бы в 26-метровую сферу в Роузовском Центре Земли и Космоса. На самом деле вся Вселенная до последнего кубического сантиметра находилась в состоянии плазмы еще почти 400 000 лет после Большого Взрыва. К этому времени Вселенная остыла от триллионов градусов до нескольких тысяч. Все это время свободные электроны плазменной Вселенной рассеивали свет направо и налево – это очень напоминает состояние, в котором пребывает свет, когда проходит сквозь матовое стекло или сквозь недра Солнца. Ни там ни там свет не может пройти, не рассеявшись, так что обе эти среды светопроницаемы, но не прозрачны. Остыв ниже нескольких тысяч градусов, Вселенная уже создала такие условия, что каждый электрон в космосе мог соединиться с одним атомным ядром, и так получились полноценные атомы водорода и гелия. Как только каждый электрон нашел себе дом, Вселенная вышла из состояния плазмы. Так продолжалось сотни миллионов лет, по крайней мере, до возникновения квазаров, чьи центральные черные дыры лакомятся газовыми смерчами. Перед тем как упасть в черную дыру, газ испускает ионизирующий ультрафиолетовый свет, который расходится по Вселенной и прилежно выбивает электроны обратно из атомов. До появления квазаров Вселенная пережила единственный период в своей истории (и прошлой, и будущей), когда плазмы в ней не было. Этот период мы называем Темными веками и считаем временем, когда гравитация тихо и незаметно собирала вещество в огромные шары, которые затем разогревались и превращались в первое поколение звезд, снова состоящих из плазмы.

## Глава девятнадцатая

### Лед и пламень

Когда Коул Портер в 1948 году сочинил шлягер «Ну и жаррища» («Too Darn Hot») для своего бродвейского мюзикла «Целуй меня, Кэт», то жаловался в этой песенке на температуру не выше 35–40 градусов по Цельсию. Если воспользоваться стихами Портера как руководством по выбору верхнего предела температуры для приятных занятий любовью, вреда от этого не будет. Если сопоставить это с тем, что делает с эротическими порывами обычного человека холодный душ, получится вполне приличная оценка того, как узок диапазон приемлемых температур для нагого человеческого тела – от нуля по Цельсию с отметкой комнатной температуры где-то посередине.

Во Вселенной все по-другому. Как вам температура в 100 000 000 000 000 000 000 000 000 000 градусов? Это сто тысяч миллиардов миллиардов миллиардов градусов. А еще это температура Вселенной спустя крошечную долю секунды после Большого Взрыва, когда вся энергия, вещество и пространство, которому предстояло превратиться в планеты, петунии, пряники и специалистов по физике частиц, были расширяющимся шаром из кварк-глюонной плазмы. И пока космос не остыл во много миллиардов раз, в нем не могло существовать ничего, что можно было бы назвать предметом или явлением.

Как велят законы термодинамики, примерно через секунду после Большого Взрыва расширяющийся огненный шар остыл до 10 миллиардов градусов и раздулся от размеров меньше атома до объема около тысячи Солнечных систем. Когда прошло три минуты, во Вселенной настала блаженная прохлада всего в миллиард градусов и всюду шла работа по созданию простейших атомных ядер. Расширение – верная служанка остывания, и они с тех пор так и трудятся, не покладая рук.

Сегодня средняя температура Вселенной составляет 2,73 градуса по Кельвину. Все упоминавшиеся до сих пор температуры, кроме диапазона человеческого либидо, указаны в градусах Кельвина. Градус Кельвина соответствует на шкале температуры тому же интервалу, что и градус Цельсия, только на шкале Кельвина нет отрицательных чисел. Нуль есть нуль, и точка. Чтобы отмести все сомнения, нуль на шкале Кельвина называется абсолютный нуль.

Шотландский инженер и физик Уильям Томпсон, который впоследствии стал лордом Кельвином – и под этим именем прославился, –

был первым, кто выдвинул идею минимальной возможной температуры. Это было еще в 1848 году. В лаборатории ее так и не удалось получить. И в принципе никогда не получится, хотя ученые подобрались к абсолютному нулю до ужаса близко. В лаборатории физика из Массачусетского технологического института Вольфганга Кеттерле в 2003 году искусными методами была получена температура в 0,0000000005 К (или, как сказали бы фанаты метрических систем, в 500 пикокельвинов).

Между тем космические явления охватывают поразительно широкий диапазон температур. Одно из самых жарких мест в сегодняшней Вселенной – ядра голубых звезд-сверхгигантов в часы коллапса. Перед самым взрывом сверхновой, в результате которого все окрестности звезды сильно разогреваются, ее температура взлетает до 100 миллиардов К. Для сравнения, в недрах Солнца всего 15 миллионов К.

На поверхностях гораздо прохладнее. Оболочка голубого сверхгиганта разогрета примерно до 25 000 К – этого, конечно, достаточно, чтобы испускать голубой свет. На нашем Солнце можно намерять 6000 К – этого достаточно, чтобы светить белым светом, и достаточно, чтобы плавить и испарять всю таблицу Менделеева. На поверхности Венеры 740 К, и этого хватит, чтобы поджарить любую электронику, которой обычно оснащают космические зонды.

Значительно ниже по шкале располагается точка замерзания воды – 273,15 К, что прямо-таки тепло по сравнению с 60 К на поверхности Нептуна, почти в 5 миллиардах километров от Солнца. Еще холоднее на Тритоне, одном из спутников Нептуна. Его поверхность, покрытая замерзшим азотом, охлаждена до 40 К, и это самое холодное место в Солнечной системе по эту сторону от Плутона.

Где же здесь место для обитателей Земли? Средняя температура тела человека – 36,6 градусов Цельсия – находится чуть ниже 310 по шкале Кельвина. Официально зарегистрированные температуры на Земле колеблются от жары в 331 К (57,8 °С, в ливийском городе Эль-Азизия в 1922 году) до мороза в 184 К (–89,15 °С, на базе Восток в Антарктиде в 1983 году). Однако при таких экстремальных температурах человеку без соответствующей экипировки не выжить. Если в Сахаре не укрыться от жары, то перегреешься, а без груды одежды и караванов провизии в Арктике обязательно замерзнешь. А между тем живущие на Земле микроорганизмы-экстремофилы, и термофилы (теплолюбивые), и психрофилы (холодолюбивые), изобретают разнообразные механизмы приспособления к температурам, при которых мы с вами изжарились бы

или промерзли до костей. В сибирской вечной мерзлоте, насчитывающей 3 миллиона лет, обнаружили жизнеспособные дрожжевые грибки – безо всякой одежды. Один вид бактерий, проведший 32 000 лет в ледяном плену у вечной мерзлоты на Аляске, пробудился и начал плавать, едва растаял лед. И сейчас, когда вы читаете эти строки, разные виды архей и бактерий живут себе припеваючи в кипящей грязи, бурлящих горячих источниках и подводных вулканах.

В таких же поразительных условиях выживают даже сложные организмы. Крошечные беспозвоночные под названием тихоходки способны при соответствующей провокации временно приостанавливать обмен веществ. В этом состоянии они переносят температуры в 424 К (150 °С) в течение нескольких минут, а 73 К (–200 °С) – в течение нескольких дней кряду, так что им вполне хватило бы жизнестойкости, чтобы высадиться на Нептуне. Когда вам в следующий раз понадобятся космические путешественники с «соответствующей закалкой», стоит набрать экипаж из дрожжей и тихоходок, а всевозможные космонавты, астронавты и тайконавты<sup>[4]</sup> пусть отдохнут дома.

\* \* \*

Температуру часто путают с теплом. Это распространенное заблуждение. Тепло – это общая энергия всех движений всех молекул в выбранном вами веществе. Так сложилось, что внутри смеси диапазон энергий очень широк: одни молекулы движутся быстро, другие медленно. Температура всего лишь отражает их среднюю энергию. Например, температура чашки горячего кофе выше, чем температура бассейна с подогревом, однако вся вода в бассейне содержит куда больше тепла, чем одинокая чашечка кофе. Если вы по невоспитанности выльете свой кофе при температуре 93 °С в бассейн с температурой 37 °С, бассейн вовсе не нагреется до «средней» температуры в 64 °С. И хотя два человека в одной постели испускают вдвое больше тепла, чем один человек в постели, средняя температура двух их тел – 36,6 °С и 36,6 °С – не создает под одеялом духовку с температурой в 73,2 °С.

Ученые XVII и XVIII веков считали, что жар тесно связан с горением. А горение в их понимании происходило, когда из предмета истекал флогистон, гипотетическая субстанция, в основном характеризующаяся именно горючестью. Если сжечь полено в камине, воздух унесет весь флогистон, а лишнее флогистона полено окажется всего-навсего грудой

ЗОЛЫ.

К концу XVIII века французский химик Антуан-Лоран Лавуазье предложил вместо теории флогистона теорию теплорода. Лавуазье считал, что тепло – это «флюид», простое вещество, невидимое, невесомое, без вкуса и запаха, которое передается от одного предмета к другому посредством горения или трения. Представление о тепле было в корне неверным до середины XIX века – пока не набрала обороты промышленная революция, когда в рамках новой отрасли физики под названием «термодинамика» оформилась более широкая концепция энергии.

\* \* \*

Научное представление о природе тепла поставило в тупик множество самых гениальных умов, однако идею температуры вот уже много тысяч лет интуитивно понимают и ученые, и неученые. Если предмет горячий, значит, температура у него высокая. Если холодный – низкая. Эту связь подтверждают и термометры.

Изобретение термометра часто приписывают Галилею, однако первые такие приборы, возможно, создал изобретатель Герон Александрийский, живший в I веке до н. э. В книге Герона «Пневматика» есть описание «термоскопа» – устройства, которое показывает изменение объема газа при нагревании и остывании. В эпоху Возрождения «Пневматика», как и многие другие древнегреческие тексты, была переведена на латынь. В 1594 году Галилей прочел ее и, как впоследствии в случае с недавно изобретенным телескопом, сразу же создал усовершенствованный термоскоп. То же самое сделали и несколько его современников.

Главное в термометре – шкала. Есть любопытная традиция, которая идет еще с начала XVIII века: калибровать единицы температуры так, чтобы распространенным явлениям соответствовали числа, которые удобно делить – те, у которых много делителей. Исаак Ньютон предложил шкалу от нуля (таяние льда) до 12 (температура тела человека); ясно, что 12 делится нацело на 2, 3, 4 и 6. Датский астроном Оле Рёмер предложил шкалу от нуля до 60 (поскольку 60 делится на 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 и 30). По шкале Рёмера нулем обозначалась самая низкая температура, какой ему удалось достичь при помощи смеси из воды, льда и соли, а 60 градусов приходились на точку кипения воды.

В 1724 году немецкий мастер Даниэль Габриэль Фаренгейт – тот самый, который в 1714 году изобрел ртутный термометр – придумал

более точную шкалу, разделив каждый градус Рёмера на четыре равные части. По новой шкале вода вскипала при 240 градусах, замерзала при 30, а температура человеческого тела составляла 90 градусов. После дальнейших уточнений диапазон от нуля до температуры тела составил 96 градусов, поскольку число 96 – это еще один чемпион по делимости (оно делится на 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 32 и 48). Точка замерзания воды стала отметкой в 32 градуса.

Шведский астроном Андерс Цельсий пошел по другому пути и в 1742 году предложил стоградусную шкалу температуры, лучше подходящую для десятиричной системы исчисления. При этом точка замерзания помещалась на отметке 100 градусов, а точка кипения – на нуле. Надо сказать, что это был не первый и не последний раз, когда астроном размечал шкалу в обратную сторону. Но какой-то неведомый благодетель, – весьма вероятно, ремесленник, которому заказали шкалы для термометров Цельсия – оказал человечеству неоценимую услугу и перевернул разметку, благодаря чему мы и получили всем известную шкалу Цельсия. Такое чувство, что число нуль само по себе парализует у иных людей мыслительные способности. Как-то раз лет двадцать назад, в бытность аспирантом, я приехал к родителям на зимние каникулы. Они тогда жили к северу от Нью-Йорка. Я включил радио, чтобы послушать классическую музыку. На северо-восток надвигалась волна холодного воздуха из Канады, и между частями «Музыки на воде» Георга Фридриха Генделя диктор объявлял о снижении температуры воздуха: «Пять градусов по Фаренгейту... четыре... три градуса»... И наконец огорченно воскликнул: «Если так и дальше пойдет, скоро никакой температуры не останется!»

Отчасти ради того, чтобы избежать подобных неловких признаний в невежестве, международное научное сообщество предпочитает пользоваться шкалой температуры Кельвина, где нуль стоит на подобающем месте – в абсолютном низу. Любое другое положение нуля произвольно и не слишком приспособлено для арифметических комментариев в прямом эфире.

Несколько предшественников Кельвина измеряли сокращение объема газа при охлаждении и установили, что  $-273,15$  градусов по Цельсию или  $-459,67$  градусов по Фаренгейту – это температура, при которой молекулы любого вещества обладают минимально возможной энергией. Другие эксперименты показали, что  $-273,15$  °C – это температура, при которой газ при постоянном давлении сожмется до нулевого объема. Поскольку нулевого объема у газа не бывает, отметка  $-273,15$  °C стала незыблемой

нижней границей шкалы Кельвина. Разве можно найти для такой отметки название удачнее, чем «абсолютный нуль»?

\* \* \*

Можно сказать, что Вселенная в целом ведет себя немного как газ. Если заставить газ расширяться, он охлаждается. В прошлом, когда Вселенная насчитывала всего-то полмиллиона лет от роду, температура в ней была около 3000 К. Сегодня она меньше 3 К. Неумолимое расширение навстречу холодной гибели привело к тому, что нынешняя Вселенная в тысячу раз больше и в тысячу раз холоднее, чем во младенчестве.

На Земле температуру обычно меряют, сунув градусник в какое-нибудь естественное отверстие в живом организме или прикоснувшись термометром к предмету каким-то другим, менее инвазивным способом. Подобная форма прямого контакта позволяет движущимся молекулам внутри термометра достичь такой же средней энергии, что и молекулы предмета, температуру которого мы измеряем.

Если термометр просто лежит себе на воздухе, а не занимается трудами праведными в куске запеченного мяса, ему говорит, какую показывать температуру, средняя скорость сталкивающихся молекул воздуха. Кстати, о воздухе: в определенное время и в определенном месте на Земле температура воздуха на солнцепеке примерно такая же, что и температура воздуха под ближайшим деревом. Тень всего-навсего прикрывает термометр от энергии солнечного света, которая практически вся проходит через атмосферу, не поглощаясь, и попадает вам на кожу, и от этого-то у вас и возникает ощущение, что вы горячее окружающего воздуха. Однако в пустоте никакого воздуха нет и нет движущихся молекул, которые заставят термометр что-то показать. Поэтому вопрос «Какая температура в космосе?» очевидного смысла не имеет. Если к термометру ничего не прикасается, он может регистрировать лишь энергию излучения всех источников, которое на него попадает.

На дневной стороне нашей Луны, лишенной атмосферы, термометр покажет 400 К (127 °С). Отойдите на несколько шагов в тень валуна или перейдите на ночную сторону Луны – и термометр тут же упадет до 40 К (–233 °С). Чтобы пережить лунный день без скафандра с контролем температуры, вам пришлось бы закладывать пируэты, чтобы попеременно разогревать и охлаждать разные части тела и как-то сохранять приемлемую температуру.

Если ударит совсем уж лютый мороз и вам захочется собрать как можно больше энергии излучения, лучше наденьте что-нибудь темное, а не блестящее.

Точно так же и термометр. Чем обсуждать, в какую обшивку помещать его в космосе, предположим, что можно сделать термометр с идеальным поглощением. А теперь, если вы поместите его посреди пустоты – например, на полдороге между Млечным Путем и галактикой Андромеда, вдали ото всех очевидных источников излучения, – термометр в конце концов покажет 2,73 К, нынешнюю фоновую температуру Вселенной.

В последнее время космологи пришли к согласию в том, что Вселенная будет расширяться вечно. К тому времени, как космос удвоится в размерах, его температура упадет вдвое. К тому времени, как он еще удвоится, температура снова снизится в два раза. Пройдут триллионы лет, весь оставшийся газ будет задействован при создании звезд, а все звезды сожгут все свое термоядерное топливо. Между тем температура расширяющейся Вселенной будет все падать и падать и все сильнее приближаться к абсолютному нулю.

## **Часть IV**

### **Смысл жизни**

*Взлеты и падения на пути к пониманию  
того, откуда мы взялись*

## Глава двадцатая

### Прах к праху

Если просто взглянуть на Млечный Путь невооруженным глазом, увидишь полосу из темных и светлых пятен, похожих на облака, которая тянется через все небо от горизонта до горизонта. Если взять обычный бинокль или любительский телескоп, при небольшом увеличении унылые темные пятна Млечного Пути превратятся в не менее темные и унылые пятна, зато на месте ярких пятен проступят бесчисленные звезды и туманности.

Галилей в своей книжке под названием «Sidereus Nuncius» («Звездный вестник» или «Астрономический вестник»), опубликованной в 1610 году в Венеции, рассказывает, как выглядят небеса, если смотреть на них в телескоп, и в том числе приводит первое в истории описание светлых пятен на Млечном Пути. Когда он упоминает свой инструмент – слово «телескоп» еще предстояло изобрести, поэтому Галилей называет его «зрительная труба», – то приходит в такое волнение, что едва сдерживается:

Третьим предметом нашего наблюдения была сущность, или материя Млечного Пути. При помощи зрительной трубы ее можно настолько ощутительно наблюдать, что все споры, которые в течение стольких веков мучили философов, уничтожаются наглядным свидетельством, и мы избавимся от многословных диспутов. Действительно, Галаксия является не чем иным, как собранием многочисленных звезд, расположенных группами. В какую бы его область ни направить зрительную трубу, сейчас же взгляду представляется громадное множество звезд, многие из которых кажутся достаточно большими и хорошо заметными. Множество же более мелких не поддается исследованию.

*(Пер. И. Веселовского)*

Самое увлекательное, конечно, происходит именно в «собрании многочисленных звезд». К чему интересоваться темными областями, где и звезд-то нет? Наверное, это какие-то космические дыры в бесконечную пустоту.

Только три века спустя стало понятно, что темные пятна – это густые плотные облака из газа и пыли, затмевающие далекие россыпи звезд. Именно в недрах этих облаков и таятся звездные питомники. Американский астроном Джордж Комсток задался вопросом, почему одни далекие звезды выглядят гораздо тусклее других на том же расстоянии, но кто в этом виноват, догадался лишь позднее, в 1909 году, голландский астроном Якобус Корнелиус Каптейн (1851–1922). Он написал об этом две статьи – обе назывались «О поглощении света в космосе» («On the Absorption of Light in Space»), – где привел доказательства, что облака, «межзвездная среда», которую он открыл, не просто рассеивают свет звезд: они по-разному влияют на разные части спектра звезды и ослабляют синий свет сильнее, чем красный. Из-за такого выборочного поглощения далекие звезды на Млечном Пути выглядят в среднем краснее близких.

Обычные водород и гелий, главные составляющие облаков межзвездного газа, не делают свет красным. А вот более крупные молекулы на это способны, особенно те, которые содержат углерод и кремний. А когда молекулы становятся так велики, что их уже нельзя называть молекулами, мы зовем их пылью.

\* \* \*

С домашней разновидностью пыли знакомы, наверное, все, хотя лишь немногим известно, что в замкнутом пространстве квартиры она состоит в основном из отшелушившихся мертвых клеток кожи человека (а также домашних животных, если вы держите дома какое-нибудь млекопитающее). Насколько мне известно, космическая пыль в межзвездном пространстве ничьего эпидермиса не содержит. Зато там есть удивительный набор сложных молекул, излучение которых лежит в основном в инфракрасном и микроволновом диапазоне. В арсенале астрофизиков микроволновые телескопы появились лишь в 60-е годы XX века, а инфракрасные – и того позже, в 70-е. Так что до той поры никто не подозревал о таком химическом многообразии. В последующие десятилетия сформировалась сложная и завораживающая картина рождения звезд.

Звезды формируются далеко не во всех газовых облаках на Млечном Пути и далеко не всегда. Чаще всего облако пребывает в растерянности – не знает, что делать дальше. Хотя нет, в растерянности пребывают скорее астрофизики. Мы знаем, что облако хочет схлопнуться под собственным

весом и создать звезду, а может, и несколько. Однако этому мешает вращение, а также турбулентность в недрах облака. А еще обычное давление газа, которое вы проходили на физике в школе. Схлопыванию препятствуют и галактические магнитные поля: они пронизывают облако и вцепляются во все свободно парящие заряженные частицы в газе – и тем самым лишают облако возможности свободно реагировать на собственную гравитацию. И вот что пугает: если бы мы не знали заранее, что звезды существуют, данные самых передовых исследований на сегодняшний день предоставили бы нам массу убедительных доказательств невозможности их формирования.

Подобно нескольким сотням миллиардов звезд на Млечном Пути, облака газа вращаются вокруг центра Галактики. Звезды – это крошечные крупинки всего в несколько световых секунд в поперечнике, которые плавают в просторном океане пронизаемого пространства, и друг с другом они расходятся, словно корабли в ночном море. А вот газовые облака очень велики. Обычно они расстилаются на сотни световых лет, и их масса эквивалентна миллионам солнц. Пробираясь по галактике, они частенько сталкиваются, и их содержимое перемешивается. Иногда они слипаются, словно поджаренный зефир, а иногда от ярости раздирают друг друга на части – все зависит от относительной скорости и угла столкновения.

Если облако остывает до достаточно низкой температуры (меньше 100 К), составляющие его атомы перестанут пробегать мимо друг дружки (как бывает при более высоких температурах) и начнут слипаться. Последствия подобного химического перехода сказываются на всех. Растущие частички, которые содержат уже десятки атомов, начинают отражать туда-сюда видимый свет, что заметно ослабляет свет звезд, которые находятся за облаком. К тому времени, как частички превращаются в полномасштабные пылинки, они содержат уже по 10 миллиардов атомов. При таких габаритах они уже не рассеивают видимый свет от далеких звезд, а поглощают его, а затем заново испускают полученную энергию в виде инфракрасного излучения – в этой части спектра излучение беспрепятственно покидает облако. Однако поглощение видимого света создает давление, которое толкает облако в направлении, противоположном источнику света. Теперь динамическая эволюция этого облака неразрывно связана с поглощаемым звездным светом. Силы, из-за которых повышается плотность облака, впоследствии могут привести его к гравитационному коллапсу, а это, в свою очередь, приводит к рождению звезд. Тут мы сталкиваемся со странной ситуацией: чтобы создать звезду с достаточной для термоядерного синтеза температурой недр 10 миллионов

градусов, нужно сначала создать в газовом облаке максимально прохладную среду.

Когда астрофизики рассказывают об этом этапе жизни облака, то могут лишь мычать и размахивать руками. Теоретики и специалисты по компьютерному моделированию сталкиваются с задачей множественных переменных: прежде чем подступиться к изучению динамического поведения больших массивных облаков с учетом всех внутренних и внешних воздействий, им нужно вложить в свои суперкомпьютерные расчеты все известные физические и химические законы. Однако трудности на этом не заканчиваются: ученые, к своему вящему унижению, упираются в то обстоятельство, что первоначальное облако в миллиарды раз больше и в сотни секстильонов раз менее плотное, чем звезда, которую мы хотим создать, так что им приходится одновременно описывать и те процессы, которые играют роль на очень маленьких масштабах, и те, что играют роль на очень больших масштабах – непосильная ноша даже для самых мощных компьютеров современности.

\* \* \*

Впрочем, в одном мы можем быть уверены: в самых темных и плотных глубинах межзвездного облака, где температура падает до 10 градусов выше абсолютного нуля, сгустки газа все-таки схлопываются безо всякого сопротивления – и их гравитационная энергия преобразуется в тепло. Температура в области, которой вскоре предстоит стать ядром новорожденной звезды, стремительно возрастает, отчего все крупницы пыли поблизости разрушаются. В конце концов схлопывающийся газ достигает температуры в 10 миллионов градусов. При этой волшебной температуре протоны (в сущности, голые атомы водорода) разгоняются до такой скорости, что преодолевают отталкивание и связываются под влиянием сильного притяжения, которое работает на близких расстояниях и в науке называется – «сильное взаимодействие». В результате термоядерного синтеза образуется гелий, чья масса меньше суммы масс его составных частей. Согласно знаменитой формуле Эйнштейна  $E = mc^2$ , где  $E$  – энергия,  $m$  – масса, а  $c$  – скорость света, недостающая масса при этом превращается в огромное количество энергии. Тепло распространяется во все стороны, газ начинает светиться, и энергия, которая раньше была массой, находит выход. И хотя область раскаленного газа по-прежнему заключена в большое облако, словно в материнскую утробу, тем не менее можно смело сообщить

Млечному Пути, что у него родилась звезда.

Мы знаем, что звезды бывают самой разной массы – от всего-то одной десятой массы Солнца примерно до ста его масс. По причинам, которые пока что скрыты от нас завесой тайны, гигантское облако газа содержит множество прохладных участков, причем все они образуются примерно в одно и то же время – и в каждом из них зарождается по звезде. На каждую звезду с большой массой приходится тысяча звезд с низкой массой. Но в рождении звезд участвует лишь около 1 % всего газа из первоначального облака, и поэтому нам приходится решать классическую задачу – выяснять, как и почему хвост виляет собакой.

\* \* \*

Найти нижнюю границу массы достаточно просто. Ниже примерно одной десятой массы Солнца у схлопывающегося газа не хватит гравитационной энергии, чтобы поднять температуру недр до требуемых 10 миллионов градусов. Звезда не родится. Вместо нее получится так называемый коричневый карлик. Поскольку собственного источника энергии у него нет, со временем он тускнеет, поскольку расходует ту скудную энергию, которую заполучил в результате коллапса. Внешние газовые слои коричневого карлика так холодны, что многие крупные молекулы, которые в атмосфере более горячих звезд обычно разрушаются, существуют в них вполне благополучно. Коричневый карлик с его жалкой светимостью очень трудно найти – для этого нужны примерно те же методы, что и для регистрации планет. Более того, набрать достаточно коричневых карликов, чтобы распределить их на дополнительные категории, удалось лишь в последние годы. Верхняя граница массы тоже определяется без труда. При массе выше приблизительно ста масс Солнца звезда начинает светиться так сильно, что мощное давление ее света на крупинцы пыли внутри облака отталкивает прочь любую дополнительную массу, которая и хотела бы присоединиться к звезде, а пыль тянет с собой и газ. Возникает прочная и необратимая связь между звездным светом и пылью. Воздействие давления излучения оказывается таким мощным, что светимость всего нескольких массивных звезд способна развеять почти всю массу облака, в котором они зародились, рассеять темную завесу, оголив тем самым десятки, если не сотни, новеньких звезд, своих сестричек, и выставив их на обозрение всей галактике.

Великая Туманность Ориона, расположенная чуть ниже пояса Ориона, примерно на середине его меча, и представляет собой примерно такой звездный питомник. В этом облаке в одном гигантском скоплении зарождаются тысячи звезд. Четыре из нескольких тамошних массивных звезд составляют Трапецию Ориона и стремительно опустошают огромную дыру в самой середине облака, из которого они сформировались. В телескоп им. Хаббла отлично видно новые звезды, образующиеся в тех краях, причем каждая новорожденная запелената в формирующийся протопланетный диск из пыли и других молекул, притянутых из первоначального облака. А внутри каждого диска образуется солнечная система.

Довольно долго новорожденные звезды никого не беспокоят. Однако в конце концов длительные и стойкие гравитационные возмущения огромных облаков, проходящих мимо них, заставляют скопление распаться, и составляющие скопление звезды рассеиваются среди сонмища звезд в галактике. Звезды с низкой массой живут практически вечно – так рационально они расходуют свое топливо. Звезды средней массы – вроде нашего Солнца – рано или поздно превращаются в красных гигантов и на пути к гибели раздуваются в объеме чуть ли не в сто раз. Их внешние газовые слои так слабо связаны с самой звездой, что уплывают в пространство, обнажая продукты переработки ядерного топлива, которое питало звезду на протяжении ее жизни в десять миллиардов лет. Газ, возвращающийся в космическое пространство, захватывается проходящими мимо облаками – и впоследствии участвует в дальнейших раундах формирования звезд.

Хотя звезды с самой большой массой встречаются редко, у них на руках почти все эволюционные козыри. У них самая высокая светимость (в миллион раз ярче Солнца), а следовательно, и самая короткая жизнь (всего несколько миллионов лет). И, как мы вскоре убедимся, самые массивные звезды вырабатывают десятки тяжелых элементов, по порядку перерабатывая в своих недрах водород в гелий, углерод, азот, кислород и так далее, до самого железа. И смерть у них геройская и зрелищная – это взрывы сверхновых, в пожаре которых создаются все новые элементы, а их ослепительные вспышки затмевают на время целые галактики. Энергия взрыва рассеивает свежесозданные элементы по всей галактике, пробивает дыры в заволакивающем ее газе и обогащает близлежащие облака сырьем для создания собственной пыли. Волны от взрыва сверхновой распространяются по облакам со сверхзвуковой скоростью, сжимают газ и пыль и, вероятно, создают участки высокой плотности,

которые и нужны, чтобы создавались звезды.

Как мы узнаем из следующей главы, главный дар сверхновой мирозданию – то, что она засеивает облака газа тяжелыми элементами, из которых потом получаются планеты, одноклеточные организмы и люди, – и получается, что благодаря тому, что облака обогащаются химическими элементами от предыдущего поколения массивных звезд, рождается новая звезда.

## Глава двадцать первая

### Рожденные в недрах звезд

Далеко не все научные открытия совершают необщительные гении-одиночки. Не все научные открытия попадают в статьи под броскими заголовками или в бестселлеры. В некоторых работах участвует много народу, а сам процесс растягивается на десятилетия, требует сложных математических выкладок, да и популярно изложить его в прессе не так-то просто. Для широкой общественности подобные открытия проходят незамеченными.

Первое место в моем списке недооцененных открытий XX века занимает тот факт, что главный источник тяжелых химических элементов во Вселенной и главный фактор, определивший их относительные количества, – это сверхновые. Это неизвестное широкой общественности открытие явилось в форме объемистой научной статьи, опубликованной в 1957 году в журнале «Reviews of Modern Physics» под заголовком «Синтез химических элементов в звездах», а написали ее Маргарет Э. Бербидж, Джеффри Р. Бербидж, Уильям Фаулер и Фред Хойл (E. Margaret Burbidge, Geoffrey R. Burbidge, William Fowler, Fred Hoyle «The Synthesis of the Elements in Stars»). В этой статье они заложили теоретическую и математическую основу новой интерпретации умозаключений, накопленных другими учеными за предшествовавшие сорок лет по двум животрепещущим вопросам: каковы источники звездной энергии и как химические элементы превращаются друг в друга.

Космическая ядерная химия – наука запутанная. Как была запутанной в 1957 году, так до сих пор и остается. В число основных ее вопросов входит и такие: как ведут себя различные элементы из знаменитой таблицы Менделеева при разных температурах и давлениях? Синтезируются ли элементы? Расщепляются ли? Насколько легко обеспечить для этого условия? Что при этом происходит с энергией – она высвобождается или поглощается?

Разумеется, таблица Менделеева – это отнюдь не просто загадочная сетка из примерно ста ячеек с непонятными буквами. Это последовательность всех известных элементов во Вселенной в порядке увеличения количества протонов в их ядрах. Самые легкие элементы – это водород, у которого один протон, и гелий, у которого их два. И из них – при нужном сочетании температуры, плотности и давления – можно синтезировать все остальные элементы.

Извечная задача ядерной химии состоит в том, чтобы вычислить точные сечения соударения – то есть меру того, насколько близко одна частица должна подойти к другой, чтобы между ними произошло значимое взаимодействие. Если имеешь дело с предметами вроде бетономешалок или домов, которые перемещают по улице на огромных платформах, вычислить сечение соударения довольно просто, но когда речь идет о неуловимых субатомных частицах, все становится сложнее. Если точно знаешь, каковы сечения соударения, то можешь предсказать скорости и пути ядерных реакций. Зачастую мелкие неопределенности в таблицах сечений соударения приводят к чудовищно ошибочным выводам. В целом задача сильно напоминает прокладку маршрута в метро в незнакомом городе на основании схемы метро совсем другого города.

Этими пробелами дело не ограничивается – ученые долго полагали, что если где-то во Вселенной идет какой-то экзотический ядерный процесс, то он вполне может идти где угодно, а не только в недрах звезд. В частности, британский астроном-теоретик сэр Артур Эддингтон в 1920 году опубликовал статью под названием «Внутреннее устройство звезд» (Arthur Eddington, «The Internal Constitution of the Stars»), где утверждал, что лаборатория имени Кавендиша в Англии, в то время самый знаменитый центр физических исследований, не может быть единственным местом во Вселенной, где удастся превратить одни элементы в другие:

Однако можно ли предположить, что подобный переход действительно происходит? Это трудно подтвердить, но еще труднее опровергнуть... а все, что возможно в лаборатории имени Кавендиша, не так уж затруднительно в недрах Солнца. Думаю, что в общем и целом все научное сообщество подозревает, что именно звезды – это тигли, где легкие атомы, которых так много в туманностях, составляют в более сложные элементы.

*(Eddington, 1920, p. 18)*

Статья Эддингтона на несколько лет опередила открытия квантовой механики, без которых наши познания о физике атомов и субатомных частиц были бы по меньшей мере скудными. Проявив незаурядную прозорливость, Эддингтон начал формулировать теорию, согласно которой звезды вырабатывают энергию посредством термоядерного синтеза водорода в гелий и далее:

Нам не нужно опираться на образование гелия из водорода как на единственную реакцию, обеспечивающую [звезду] энергией, хотя может показаться, что на дальнейших этапах создания химических элементов энергия высвобождается уже не в таком количестве, а может быть, и поглощается. Эту точку зрения можно вкратце описать следующим образом: атомы всех элементов создаются из связанных друг с другом атомов водорода и предположительно когда-то сформировались из водорода, и недра звезды, как видится, подходят для подобного рода эволюции не хуже любого другого места.

*(Там же).*

Кроме того, хотелось бы, чтобы модель превращения элементов друг в друга объясняла и то, почему на Земле и во всей остальной Вселенной наблюдается именно такое относительное содержание разных элементов, какое мы измеряем. Но для этого сначала нужно было разобраться в механизме подобных превращений. К 1931 году уже была разработана квантовая физика (хотя нейтрон еще не открыли), и астрофизик Роберт д'Эскур Аткинсон опубликовал подробную статью, в аннотации которой заявил, что выдвигает «теорию синтеза звездной энергии и происхождения элементов... в которой различные химические элементы поэтапно создаются в недрах звезд из более легких посредством последовательного, по одному, включения протонов и электронов» (Atkinson, 1931, p. 250).

Примерно в то же время специалист по ядерной химии Уильям Д. Харкинс опубликовал статью, где отмечал, что «элементы с низким атомным весом распространены более широко, чем элементы с высоким атомным весом, к тому же среди элементов со сходными весами элементы с четными атомными числами в среднем примерно в 10 раз распространены элементов с нечетными атомными числами» (Lang and Gingerich 1979, p. 374). Харкинс предположил, что относительная распространенность элементов зависит скорее от ядерных, чем от обычных химических процессов, а тяжелые элементы должны синтезироваться из легких.

Многоступенчатый механизм ядерного синтеза в звездах давал исчерпывающее объяснение присутствия в космосе многих элементов, особенно тех, которые получаются каждый раз, когда двухпротонное ядро гелия добавляется к уже созданному элементу. Это, собственно, и есть распространенные элементы с «четными атомными числами», о которых

пишет Харкинс. Однако существование и количественное соотношение многих других элементов осталось без объяснения. Значит, другие способы создания элементов тоже сыграли свою роль.

Эддингтон и представить себе не мог, какую важную роль играет в термоядерном синтезе нейтрон, открытый лишь в 1932 году, – это сделал британский физик Джеймс Чедвик, который тогда работал в лаборатории имени Кавендиша. Собрать вместе протоны – задача непростая, поскольку они от природы отталкиваются друг от друга. Их надо подвести друг к другу достаточно близко (для этого обычно нужны высокие температуры, давление и плотность), чтобы сильное взаимодействие, которое работает лишь на коротком расстоянии, преодолело отталкивание и связало их. Однако нейтрон, лишенный заряда, никаких частиц не отталкивает, так что спокойно может войти в чужое ядро как к себе домой и присоединиться к прочим собравшимся частицам. На этом этапе новый элемент еще не создается – добавив нейтрон, мы просто сделали изотоп исходного элемента. Однако у некоторых элементов захваченный нейтрон остается нестабильным и спонтанно превращается в протон (который остается в ядре и больше никуда не девается) и электрон (который тут же сбегает). Подобно ахейским воинам, которые сумели пробраться за стены Трои в чреве Троянского коня, протоны, в сущности, украдкой пролезают в ядро атома под личиной нейтрона.

Если поток нейтронов во внешней среде достаточно велик, ядро атома может захватить сразу несколько нейтронов подряд до того, как первый из них распадется. Быстрый захват нейтронов позволяет создать самые разные элементы, которые могут родиться только в таком процессе и существенно отличаются от элементов, которые получаются, когда нейтроны захватываются медленно.

Этот процесс называется «захват нейтронов» и обеспечивает создание целого ряда элементов, которые невозможно получить посредством традиционного термоядерного синтеза. Остальные элементы, которые не могут родиться ни при медленном, ни при быстром захвате нейтронов, получаются в результате некоторых других процессов, в том числе, при бомбардировке ядер тяжелых атомов высокоэнергичным излучением (гамма-лучами), в результате которой тяжелые ядра распадаются на более мелкие и легкие.

\* \* \*

Несмотря на риск чрезмерно упростить жизненный цикл массивной звезды, достаточно понять, что звезда занята выработкой и высвобождением энергии, что помогает ей сопротивляться собственной гравитации. Иначе огромный газовый шар схлопнулся бы под собственным весом. Когда ядро звезды переработает весь запас водорода в гелий, оно примется превращать гелий в углерод, потом углерод в кислород, кислород в неон и так далее вплоть до железа. Чтобы успешно выработать эту последовательность все более тяжелых элементов, нужны все более высокие температуры, иначе атомные ядра не смогут преодолеть природное отталкивание. К счастью, это происходит само собой, поскольку в конце каждой промежуточной стадии источник энергии звезды временно отключается, внутренние области схлопываются, температура растет – и запускается следующая термоядерная реакция. Остается лишь одна проблема. Термоядерный синтез железа не генерирует, а поглощает энергию. Для звезды это очень плохо, поскольку она больше не может сопротивляться гравитации. Она тут же сдается и схлопывается, отчего температура возрастает так стремительно, что происходит мощный взрыв, и звезда разлетается в клочки. В момент взрыва яркость звезды возрастает чуть ли не в миллиард раз. Такие взрывы мы называем вспышками сверхновых, хотя мне всегда казалось, что лучше уж не стесняться и называть их «супер-пупер-новые».

Во время взрыва сверхновой доступность нейтронов, протонов и энергии делает возможными самые разные способы создания элементов. Бербидж, Бербидж, Фаулер и Хойл на основании (1) проверенных временем принципов квантовой механики, (2) физики взрывов, (3) последних данных о сечениях соударения, (4) знания разнообразных процессов, которые позволяют элементам превращаться один в другой и (5) основ теории эволюции звезд сделали окончательный вывод, что взрывы сверхновых – это главный источник всех элементов тяжелее водорода и гелия во Вселенной.

Когда сверхновые выстреливают во все стороны, они заодно решают еще одну проблему. Дело в том, что даже если внутри звезд создаются элементы тяжелее водорода и гелия, остальной Вселенной от этого ни жарко ни холодно: ведь надо еще каким-то образом рассеять эти элементы в межзвездном пространстве, чтобы они могли формировать планеты и людей. Да, мы всего лишь горстка звездной пыли.

Я вовсе не намекаю, что главные задачи космохимии уже удалось решить. В наши дни космохимия пытается разгадать одну любопытную загадку, в которой замешан элемент технеций – это был первый

химический элемент, синтезированный в лаборатории, и произошло это в 1937 году. (Название «технеций», как и другие слова с корнем «тех», восходит к древнегреческому слову *technetos* – «искусственный»). Этот элемент в природных условиях на Земле до сих пор так и не обнаружили, зато нашли в атмосфере отдельных красных гигантов. Уже одно это должно было бы насторожить – но мало того: период полураспада у технеция всего-навсего 2 миллиона лет, а это гораздо меньше, чем возраст и ожидаемая продолжительность жизни звезд, в котором его обнаруживают. Иначе говоря, это вещество не могло присутствовать в звезде при рождении, иначе к нашему времени его не осталось бы. Мы не знаем ни одного механизма, благодаря которому технеций создавался бы в недрах звезд и всплывал бы на поверхность, где мы его наблюдаем; в результате возникли всякие экстравагантные теории, которые пока еще не завоевали доверия астрофизического сообщества.

Красные гиганты с особыми химическими свойствами встречаются редко, однако все же не настолько редко, чтобы вокруг них не сплотилась достаточно большая компания астрофизиков, в основном спектроскопистов, которые специализируются на этой теме. В сущности, мои профессиональные исследовательские интересы тоже в значительной мере затрагивают эту тему – я регулярно получаю международную рассылку «Newsletter of Chemically Peculiar Red Giant Stars» («Новости о красных гигантах с особыми химическими свойствами»). В рубрике «Это интересно знать» районной малотиражки такого не напечатают. Обычно там пишут о конференциях и о данных последних исследований. Для заинтересованного ученого подступы к ответу на подобные химические загадки не менее интересны, чем, скажем, вопросы, связанные с черными дырами, квазарами и ранними этапами существования Вселенной. Однако о них вы нигде не прочтаете. Почему? Потому, что СМИ в очередной раз решили, что освещать некоторые области не стоит, даже если речь идет о вселенском происхождении всех элементов, составляющих ваш организм – правда же, скука смертная?

## Глава двадцать вторая

### Облачные посланницы

Почти все первые 400 000 лет с момента рождения Вселенная представляла собой бурлящее варево из стремительных и голых атомных ядер, у которых не было своих электронов. Самые простые химические реакции были еще несбыточной мечтой, а до первых проблесков жизни на Земле оставалось целых 10 миллиардов лет.

90 % ядер, возникших в результате Большого взрыва, были ядрами водорода, большая часть остальных ядер – ядрами гелия, еще самая чуточка – ядра лития: шло производство простейших элементов. И лишь когда температура расширяющейся Вселенной упала с триллионов примерно до трех тысяч градусов Кельвина, ядра начали захватывать электроны. При этом они превратились в полноправные атомы и сделали возможными химические реакции. Вселенная становилась все больше и все холоднее, и атомы стали собираться во все более крупные структуры – газовые облака, где из самых первых ингредиентов, доступных во Вселенной, создавались первые молекулы – водород ( $H_2$ ) и гидрид лития ( $LiH$ ). Эти газовые облака породили первые звезды, масса каждой из которых составляла примерно сто масс Солнца. И в недрах каждой звезды разгоралась термоядерная топка, одержимая лишь одной целью – создавать химические элементы гораздо тяжелее трех самых первых и самых простых.

Когда исполинские первые звезды исчерпали запасы топлива, они разлетелись вдребезги и рассеяли свои химические внутренности по всему космосу. Благодаря энергии собственного взрыва они смогли создать еще более тяжелые элементы. Теперь в космическом пространстве стали скапливаться обогащенные тяжелыми атомами облака газа, способные воплотить самые смелые химические проекты.

Перемотаем вперед – и вот перед нами уже галактики, главные структуры видимого вещества во Вселенной, а в них – газовые облака, уже обогащенные обломками крушений после прежних взрывов сверхновых. Вскоре эти галактики будут породить все новые поколения звезд, те тоже будут взрываться и запускать все новые волны обогащения химическими элементами, бесперебойный источник загадочных буковок в ячейках таблицы Менделеева.

Не будь этой эпической драмы, жизнь на Земле – да и в любом месте – не могла бы существовать. Химические механизмы жизни, как и все

прочие химические механизмы, предполагают, чтобы элементы складывались в молекулы. Беда в том, что молекулы не создаются и не сохраняются в термоядерных топках звездных взрывов. Им нужна среда поспокойнее и попрохладнее. Так как же Вселенной удалось превратиться в богатейшую сокровищницу молекул, в которой мы теперь обитаем?

\* \* \*

Вернемся ненадолго на фабрику элементов в глубоких недрах массивной звезды одного из первых поколений.

Как мы только что убедились, там, в самом ядре, при температурах выше 10 миллионов градусов, проворные ядра водорода – одиночные протоны – случайным образом натываются друг на друга. Это порождает череду ядерных реакций, которые в конце концов дают по большей части гелий и много-много энергии. Пока звезда «включена», энергия, высвобождаемая идущими в ней ядерными реакциями, создает давление, направленное изнутри наружу, и его достаточно, чтобы не давать колоссальной массе звезды схлопнуться под собственным весом. Но рано или поздно водородное топливо звезды все-таки кончается. Остается шар из гелия, который сидит сложа руки и ничего не делает. Бедный гелий. Нужно увеличить температуру в десять раз – и лишь тогда он начнет перегорать в более тяжелые элементы.

Лишившись источника энергии, ядро звезды схлопывается – и от этого разогревается. Примерно при 100 миллионах градусов частицы разгоняются так, что ядра гелия набирают достаточную скорость, чтобы, налетая друг на друга, синтезировать более тяжелые элементы. При этом синтезе высвобождается достаточно энергии, чтобы предотвратить дальнейший коллапс, по крайней мере, отложить его. Слипшиеся ядра гелия некоторое время проводят в виде промежуточных продуктов, например бериллия, но в конце концов три ядра гелия превращаются в одно ядро углерода. (Гораздо позднее, когда углерод превратится в цельный атом с полным набором электронов, он займет почетное место самого плодovitого с химической точки зрения элемента в таблице Менделеева).

Между тем в недрах звезды идет процесс термоядерного синтеза. Однако в конце концов в жаркой зоне кончается гелий, и остается шар из углерода, окруженный гелиевой оболочкой, которая, в свою очередь, окружена всем остальным веществом звезды. И тогда ядро снова

схлопывается. Когда его температура возрастает примерно до 600 миллионов градусов, углерод тоже начинает налетать на соседей и синтезировать более тяжелые элементы посредством все более и более сложных механизмов термоядерного синтеза, и все это время производится вдоволь энергии, чтобы не допустить дальнейшего коллапса. Фабрика элементов работает на полную мощность и выпускает азот, кислород, натрий, магний, кремний.

И так мы проходим по таблице Менделеева до самого железа. На железе процесс застопоривается – это последний элемент, который синтезируется в ядрах первых звезд. Если попытаться пережечь железо или более тяжелые элементы, в ходе таких реакций энергия будет не вырабатываться, а тратиться. Однако дело звезды – генерировать энергию, так что когда звезда обнаруживает, что в ядре у нее завелся железный шар, это не сулит ей ничего хорошего. У нее больше нет источника энергии, чтобы уравновесить неумолимую силу собственной гравитации, и ее ядро быстро схлопывается.

Коллапс ядра и сопутствующее стремительное повышение температуры запускает чудовищный взрыв – взрыв сверхновой. И тут-то появляется вдоволь энергии, чтобы создавать элементы тяжелее железа. Сразу после взрыва по окрестностям звезды разлетается огромное облако из всех элементов, унаследованных и созданных звездой. А теперь вспомним, каковы основные элементы этого облака: это атомы водорода, гелия, кислорода, углерода и азота. Знакомый набор? Все эти элементы – кроме гелия, который химически инертен, – основные ингредиенты жизни в привычном нам виде. Учитывая, какой поразительно разнообразный ассортимент молекул можно создать из этого набора элементов – а также с использованием других атомов, – скорее всего, перед нами основные ингредиенты жизни в непривычном для нас виде.

Итак, Вселенная готова, согласна и способна создавать в космическом пространстве первые молекулы и строить следующее поколение звезд.

\* \* \*

Если газовые облака хотят создавать устойчивые молекулы, им нужен не только набор необходимых ингредиентов. Еще в них должно быть прохладно. Если температура в облаке выше нескольких тысяч градусов, частицы движутся слишком быстро, а столкновения атомов слишком энергичны, чтобы им удавалось слипаться воедино и складываться

в молекулы. Даже если двум-трем атомам удастся сойтись и создать молекулу, того и гляди, в них врежется еще какой-нибудь энергичный атом и конструкция распадется. Высокая температура и столкновения на высоких скоростях, которые так замечательно способствовали термоядерному синтезу, для химии лишь помеха.

Газовые облака вполне могут жить долго и счастливо, пока их поддерживает турбулентное движение в отдельных внутренних областях. Однако со временем это движение замедляется, внутренние области охлаждаются до такой степени, что гравитация одерживает верх и облако схлопывается. Более того, облако охлаждается благодаря тому же самому процессу, который формирует молекулы: когда два атома сталкиваются и слипаются, часть той энергии, которая их столкнула, уходит на сформированные связи между атомами или испускается в виде излучения.

Охлаждение оказывает удивительное воздействие на состав облака. Теперь атомы сталкиваются, словно медленные суда в море, слипаются и создают молекулы, а не разрушают их. Поскольку атомы углерода всегда рады соединиться со своими братьями, углеродосодержащие молекулы могут быть крупными и сложными. Иногда они перепутываются сами с собой – словно пыль, которая собирается в комья под кроватью. Если позволяют ингредиенты, то же самое происходит с молекулами на основе кремния. И в том и в другом случае любая крупинка пыли становится центром событий – на ней полно гостеприимных уголков и расщелинок, где атомы могут встречаться на досуге и создавать новые молекулы. Чем ниже температура, тем больше и сложнее могут становиться молекулы.

\* \* \*

Среди первых и самых распространенных во Вселенной соединений, которые формируются, стоит температуре упасть ниже нескольких тысяч градусов, – несколько знакомых нам двухатомных и трехатомных молекул. Например, угарный газ (CO) стабилизируется задолго до того, как углерод конденсируется в пыль, а молекулярный водород (H<sub>2</sub>) становится главным компонентом остывающих газовых облаков, которые теперь – что вполне логично – называются молекулярными облаками. В числе трехатомных молекул, которые формируются сразу после двухатомных, – вода (H<sub>2</sub>O),

углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), синильная кислота ( $\text{HCN}$ ), сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ). Еще образуется высокореактивная трехатомная молекула  $\text{H}_3^+$ , которая стремится скормить свой третий протон голодным соседкам, что способствует все новым химическим свиданиям.

Облако продолжает остывать, и когда температура падает ниже 100 К или около того, возникают более крупные молекулы – некоторые из них вполне могут найтись у вас под рукой в кухне или в гараже: ацетилен ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), аммиак ( $\text{NH}_3$ ), формальдегид ( $\text{H}_2\text{CO}$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ). Если облако еще холоднее, там можно найти главные ингредиенты других нужнейших веществ – антифриза (его делают из этиленгликоля), спиртных напитков (этиловый спирт), духов (бензол) и сахара (гликольальдегид), а также муравьиную кислоту, структура которой похожа на структуру аминокислот, из которых состоят белки.

Список молекул, которые дрейфуют в межзвездном пространстве, уже стремится к 130. Чемпионы по величине и сложности структуры – антрацен ( $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ ) и пирен ( $\text{C}_{16}\text{H}_{10}$ ), которые в 2003 году открыл в Туманности Красного Прямоугольника – до нее от Земли около 2300 световых лет – Адольф Н. Уитт из Университета Толедо в штате Огайо и его коллеги. Антрацен и пирен, которые состоят из взаимосвязанных стабильных углеродных колец, принадлежат к семейству молекул, которые химики, большие любители длинных ученых слов, называют полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ).

А если самые сложные молекулы в космосе основаны на углероде, значит, и мы, конечно, тоже.

\* \* \*

Сейчас всем кажется, что существование молекул в космическом пространстве – нечто само собой разумеющееся, однако до 1963 года большинство астрофизиков об этом не подозревало – если учесть положение дел в других науках, это несколько поздновато. К 1963 году уже была описана молекула ДНК. «Довели до совершенства» атомную бомбу, водородную бомбу, баллистические ракеты. Шла работа над программой «Аполлон» по высадке человека на Луне. В лабораторных условиях удалось синтезировать одиннадцать элементов тяжелее урана.

Причина такого отставания астрофизики состояла в том, что еще не было открыто целое окно электромагнитного спектра – микроволновое

излучение. Как мы видели в части III, оказывается, свет, который поглощают и испускают молекулы, как правило, приходится на микроволновую часть спектра, и до 1960 годов, когда появились микроволновые телескопы, Вселенная скрывала от нас волшебное разнообразие своего молекулярного ассортимента. Вскоре стало понятно, что темные области Млечного Пути – это без устали работающие химические фабрики. В 1963 году в межзвездной среде нашли гидроксил (ОН), в 1968 году – аммиак, в 1969 – воду, в 1970 – угарный газ, в 1975 – этиловый спирт, и все это оказалось перемешано в газообразный коктейль. К середине семидесятых в микроволновом излучении были обнаружены характерные черты почти сорока молекул.

Молекулы обладают определенной структурой, однако электронные связи, которые скрепляют атомы друг с другом, не жесткие – они расшатываются, елозят, скручиваются и растягиваются. Так вышло, что микроволны расположены именно в том диапазоне энергий, в котором можно стимулировать подобные движения молекул. Именно поэтому, в частности, работают микроволновые печи – много-много микроволн с нужной энергией заставляют вибрировать молекулы воды, содержащиеся в вашей еде. Трение между пляшущими частицами создает тепло, и еда быстро приготавливается изнутри.

Любой вид молекул в космосе, так же как и любой вид атомов, обладает своим неповторимым набором спектральных особенностей, иначе называемым сигнатурой. Этот набор легко сравнить со спектральными узорами из каталогов, которые собраны в лабораториях здесь, на Земле, а без лабораторных данных, зачастую дополненных теоретическими выкладками, мы бы и не знали, на что, собственно, смотрим. Чем крупнее молекула, тем больше связей призваны ее скреплять и тем больше у них возможностей елозить и расшатываться. А каждый способ елозить и расшатываться обладает своей характерной спектральной длиной волны или «цветом»; одни молекулы имеют сотни и даже тысячи «цветов» во всем микроволновом спектре – длин волн, на которых они могут поглощать и испускать свет, когда их электроны решают размяться. А выделить сигнатуру одной молекулы из мешанины остальных сигнатур – дело непростое, это все равно что вслушиваться в вопли целой толпы детишек, играющих в большой комнате, пытаясь расслышать голосок своего ребенка. Это трудно, но возможно. Надо лишь очень хорошо понимать, какие именно звуки обычно издает ваш малыш. Это и есть ваш лабораторный образец.

Сформировавшаяся молекула далеко не всегда ведет степенную жизнь. В областях, где рождаются очень горячие звезды, звездный свет содержит в себе очень много ультрафиолета. Ультрафиолет вреден молекулам, поскольку его высокая энергия разрушает связи между атомами, которые составляют молекулу. Именно поэтому ультрафиолет вреден и вам: лучше держаться подальше от всего, что разрушает молекулы вашего организма. Поэтому забудьте, что гигантское облако газа может быть настолько прохладным, что в нем формируются молекулы – если кругом все залито ультрафиолетом, молекулы в облаке превратятся в жаркое. И чем больше молекула, тем беззащитнее она перед таким агрессором.

Однако среди межзвездных облаков попадаются такие большие и плотные, что их внешние слои защищают внутренние. Доблестные молекулы-пограничники, отдающие жизнь за своих сестер внутри облака, останавливают ультрафиолет на входе и тем самым сохраняют сложный химический состав, которым так славятся прохладные облака.

Однако рано или поздно молекулярным гуляньям приходит конец. Как только центр газового облака или любой области газа становится достаточно плотным и достаточно холодным, энергия движущихся частиц уменьшается – и уже не может предохранять структуру от гравитационного коллапса. Спонтанное схлопывание под собственным весом снова подхлестывает температуру, и то, что только что было газовым облаком, превращается в очаг испепеляющего жара, где идет термоядерный синтез. И рождается еще одна звезда.

В этой жаркой печи неизбежно, неотвратимо, можно даже сказать – трагически распадаются все химические связи, в том числе и органические молекулы, которые облако так усердно создавало на своем пути к превращению в звезду. Однако относительно разреженные области газового облака беда обходит стороной. Еще есть газ, который находится от звезды на таком расстоянии, чтобы растущая сила притяжения звезды, с одной стороны, удерживала его, а с другой – все же не затягивала в саму звезду. Внутри такого кокона пыли и газа на безопасной орбите вокруг звезды скапливающееся вещество формирует толстые диски. А в пределах

этих дисков сохраняются старые молекулы и в изобилии создаются новые.

И вот перед нами уже формирующаяся солнечная система, в которой вот-вот зародятся богатые молекулами планеты и кометы. А как только появится твердый строительный материал, воображение Вселенной разыгрывается просто фантастически. Молекулы могут расти и толстеть сколько угодно. Стоит в таких условиях спустить с поводка углерод, и можно получить самые сложные из известных науке химических соединений. Насколько сложные? Настолько, что и называться они будут иначе: биология.

## Глава двадцать третья

### Сказка о Златовласке и трех планетах

Жила-была солнечная система, и вот однажды – давным-давно, около четырех миллиардов лет назад, – она поняла, что уже почти сформировалась.

У самого-самого Солнца появилась Венера – и так близко была она к Солнцу, что энергия солнечных лучей испарила весь ее запас воды. А Марс был от Солнца далеко – и вся его вода замерзла. И только одна планета – Земля – оказалась от Солнца как раз на таком расстоянии – «в самый раз», – что вода на ней осталась жидкой, и поэтому на поверхности Земли смогла зародиться жизнь. Этот пояс вокруг Солнца стали называть обитаемой зоной.

Сказку про трех медведей рассказывают детям во многих странах, а в Англии ее героиню зовут Златовлаской. Она тоже любила, чтобы все было «в самый раз». В домике трех медведей одна миска с кашей была слишком горячая. Другая – слишком холодная. И только третья пришлась Златовласке «в самый раз». А еще в домике трех медведей было три кровати, и одна была слишком жесткая, другая – слишком мягкая, а третья – «в самый раз», в ней Златовласка и уснула. Когда три медведя вернулись домой, то обнаружили не только пропажу каши из третьей миски, но и Златовласку, которая сладко спала в постели маленького медвежонка. Не помню, чем там все кончилось, но на месте трех медведей – всеядных хищников, находящихся на самом вершине пищевой цепочки, – я бы Златовласку съел.

Златовласку, наверное, заинтересовала бы относительная пригодность Венеры, Земли и Марса для обитания, но на самом деле сюжет об этих планетах гораздо сложнее трех мисок с кашей. Четыре миллиарда лет назад поверхности планет еще всю бомбардировали богатые водой кометы и богатые минералами астероиды, пусть и гораздо реже, чем раньше. Во время этой партии в космический бильярд некоторые планеты мигрировали из родных мест поближе к Солнцу, а некоторых выбило на орбиты большего диаметра. А многие из десятков сформировавшихся планет оказались на нестабильных орбитах и упали на Солнце или на Юпитер. Еще несколько планет просто вышвырнуло из Солнечной системы. Оставшиеся в итоге единицы вращались именно на тех орбитах, которые оказались «в самый раз», чтобы пережить на них миллиарды лет.

Земля осела на орбите со средним расстоянием до Солнца примерно

150 миллионов километров. На этом расстоянии Земля перехватывает весьма скромную долю общей энергии, испускаемой Солнцем, – всего-то две миллиардные. Если предположить, что Земля впитывает всю эту энергию, то средняя температура нашей планеты составляет около 280 К, то есть 7 °С, – посередине между зимней и летней температурами. При нормальном атмосферном давлении вода замерзает при 273 К, а кипит при 373 К, так что, к вящей нашей радости, почти вся вода на Земле пребывает в жидком состоянии.

Однако не надо спешить. Иногда в науке получаешь верные ответы, исходя из неверных предпосылок. На самом деле Земля поглощает лишь две трети доходящей до нее солнечной энергии. Остальное земная поверхность (особенно океаны) и облачный покров отражают обратно в космос. Если добавить в формулу коэффициент отражения, то средняя температура Земли падает уже до 255 К, что куда как ниже точки замерзания воды. В наши дни должен действовать еще какой-то механизм, который удерживает среднюю температуру на более удобной отметке.

И снова не торопитесь. Все теории эволюции звезд говорят нам, что четыре миллиарда лет назад, когда из пресловутого первобытного бульона на Земле формировалась жизнь, Солнце было на треть тусклее, чем сегодня, значит, средняя температура Земли была ниже точки замерзания. Может быть, Земля в далеком прошлом была просто ближе к Солнцу? Однако после периода усиленных бомбардировок, который давно закончился, мы не знаем никаких механизмов, которые сдвигали бы стабильные орбиты в пределах Солнечной системы. Может быть, в прошлом парниковый эффект был сильнее? Наверняка мы не знаем. Зато знаем, что обитаемые зоны в первоначальном смысле этих слов имеют лишь отдаленное отношение к тому, может ли существовать жизнь на планетах, расположенных в границах этих зон.

Знаменитое уравнение Дрейка, на которое всегда ссылаются при поисках внеземного разума, позволяет дать приблизительную оценку того, сколько цивилизаций в принципе можно обнаружить в галактике Млечный Путь. Уравнение вывел в 60-е годы XX века американский астроном Фрэнк Дрейк, и в то время понятие обитаемой зоны было ограничено представлением о том, что планеты должны находиться от своей звезды на расстоянии, которое «в самый раз» подходит для существования жизни. Смысл одного из вариантов уравнения Дрейка примерно таков: начнем с числа звезд в галактике (сотни миллиардов). Умножим это огромное число на долю звезд, у которых есть планеты. Получившееся число умножим на долю планет, находящихся в обитаемой

зоне. Теперь умножим результат на долю планет, на которых развилась жизнь. Результат умножим на долю планет, на которых развилась разумная жизнь. Результат умножим на долю планет, где технический прогресс дошел до такого этапа, что можно наладить межзвездную коммуникацию. Если теперь учесть темп формирования звезд и ожидаемую продолжительность жизни технологически развитой цивилизации, получится количество развитых цивилизаций, которые в эту самую минуту, вероятно, дожидаются нашего телефонного звонка.

Маленькие холодные звезды с низкой светимостью живут сотни миллиардов, а может быть, и триллионы лет, а значит, у их планет достаточно времени, чтобы вырастить на себе два-три вида живых организмов, однако их обитаемые зоны находятся от звезды слишком близко. Планета, которая сформировалась в этой зоне, быстро попадает в так называемый приливный захват звезды и вращается всегда одной стороной к ней, отчего в обогреве планеты возникает сильнейший перекося – вся вода на «лицевой» стороне планеты испарится, а вся вода на «обратной» замерзнет. Если бы Златовласка жила на такой планете, мы бы обнаружили, что кашу свою она ест, вращаясь вокруг своей оси, словно цыпленок на гриле, – на самой границе между вечным солнцепеком и вечной тьмой. У обитаемых зон вокруг звезд-долгожителей есть и другой недостаток – они очень узкие, так что у планеты очень мало шансов случайно оказаться на орбите с радиусом, который «в самый раз».

Зато вокруг горячих, больших, ярких звезд раскинулись огромные обитаемые зоны. Однако эти звезды, к сожалению, встречаются редко и живут всего несколько миллионов лет, а потом взрываются, так что их планеты едва ли можно рассматривать как кандидаты при поисках жизни в привычном нам виде, – разве что там происходит какая-то очень быстрая эволюция. И едва ли первыми из первобытной слизи выберутся животные, способные придумать дифференциальное исчисление.

Уравнение Дрейка можно считать математикой Златовласки, методом, которым можно оценить, каковы шансы, что где-то в галактике все сложилось «в самый раз», как надо. Однако в уравнение Дрейка в его первоначальном виде не входит, например, Марс, который расположен далеко за пределами обитаемой зоны Солнца. А между тем на Марсе полным-полно извилистых пересохших рек с дельтами и поймами, а это неопровержимо доказывает, что когда-то в прошлом на Марсе было вдоволь жидкой воды.

А как же Венера, «сестра» Земли? Она попадает точнехонько в обитаемую зону Солнца. Эта планета, полностью покрытая толстым

слоем облаков, обладает самой высоким коэффициентом отражения во всей Солнечной системе. Нет никаких очевидных причин, почему на Венере может быть плохо и неуютно. Однако на ней наблюдается чудовищный парниковый эффект. Толстая венерианская атмосфера в основном состоит из углекислого газа и поглощает почти 100 % того небольшого количества излучения, которое достигает ее поверхности. Температура на Венере составляет 750 К, и это рекорд во всей Солнечной системе, хотя расстояние от Солнца до Венеры почти вдвое больше, чем до Меркурия.

Поскольку Земля поддерживала на себе жизнь на протяжении всей ее эволюции – миллиарды лет бурных перипетий – значит, сама жизнь, наверное, обеспечивает какой-то механизм обратной связи, который сохраняет на планете жидкую воду. Эту идею развили биологи Джеймс Лавлок и Линн Маргулис в 70-е годы, и она называется «гипотеза Геи». Эта достаточно популярная, но противоречивая гипотеза предполагает, что набор биологических видов на Земле в каждый момент времени действует, словно коллективный организм, который непрерывно, пусть и непреднамеренно, корректирует состав атмосферы и климат Земли таким образом, чтобы они способствовали наличию и развитию жизни, – то есть наличию на поверхности воды в жидком состоянии. Мне кажется, это очень интересно и достойно изучения. Гипотеза Геи – любимая гипотеза сторонников философии нью-эйдж. Но я готов спорить, что какие-то давно покойные марсиане и венерианцы наверняка тоже отстаивали эту идею миллиард лет назад...

\* \* \*

Если расширить понятие обитаемой зоны, окажется, что для нее нужен всего-навсего любой источник энергии, чтобы растапливать лед. Один из спутников Юпитера, ледяная Европа, разогревается приливными силами гравитационного поля Юпитера. Подобно мячу для игры в ракетбол, который нагревается от частых ударов, Европа нагревается от перепада динамических нагрузок из-за того, что одну ее сторону Юпитер притягивает сильнее, чем другую. Что в результате? Нынешние данные наблюдений и теоретических расчетов показывают, что под корой льда толщиной в километр на Европе раскинулся океан жидкой воды либо, возможно, снеговой жижи. Учитывая изобилие жизни в океанских глубинах на Земле, Европа – самый соблазнительный кандидат на наличие жизни

в Солнечной системе вне Земли.

Другой недавний прорыв в нашем понимании, что такое обитаемая зона, – это живые организмы, недавно получившие название «экстремофилы»: организмы, которые не просто выживают, но даже процветают в условиях крайнего холода или крайней жары. Если бы среди экстремофилов были биологи, они бы наверняка считали, что это они нормальные, а экстремофилы – это все те, кому неплохо живется при комнатной температуре. Среди экстремофилов есть жаролюбивые термофилы, которые обычно живут у подводных горных кряжей посреди океанов, где вода, разогретая под огромным давлением до температуры гораздо выше обычной точки кипения, выплескивается из-под земной коры в холодную толщу океана. Условия там похожи на обстановку в кухонной скороварке: особо прочная кастрюля с герметичной крышкой позволяет разогреть воду под давлением до температуры выше кипения, избежав при этом кипения как такового.

На холодном океанском дне из горячих источников поднимаются минералы, создающие гигантские пористые трубы высотой в десяток этажей – в середине там жарко, у краев, где они прямо соприкасаются с океанской водой, немного прохладнее. При всех этих температурах в трубах обитают бесчисленные виды живых существ, которые никогда не видели Солнца и которым все равно, есть оно или нет. Эти крепкие орешки питаются геотермальной энергией, которая складывается из того, что осталось еще со времен формирования Земли, и жара, который постоянно просачивается в земную кору из-за радиоактивного распада природных, однако нестабильных изотопов давно знакомых химических элементов – в их числе, например, алюминий-26, которого хватает на миллионы лет, и калий-40, которого хватает на миллиарды.

Океанское дно – вероятно, одна из самых стабильных экосистем на Земле. Что будет, если с Землей столкнется гигантский астероид и вся жизнь на ее поверхности вымрет? Океанские термофилы будут жить-поживать как ни в чем не бывало. Возможно, после каждой волны вымирания они даже эволюционируют и заново заселяют земную сушу. А что будет, если Солнце по загадочным причинам исчезнет из центра Солнечной системы, а Земля сорвется с орбиты и будет дрейфовать в космическом пространстве? Это событие даже не попадет в термофильские газеты. Однако пройдет пять миллиардов лет, и Солнце превратится в красный гигант, расширится и поглотит всю внутреннюю часть Солнечной системы. Земные океаны при этом выкипят, да и сама Земля испарится. Вот это уже будет сенсация.

Если термофилы живут на Земле повсюду, возникает серьезный вопрос: что если жизнь зародилась глубоко в недрах блудных планет, которых вышвырнуло из Солнечной системы во время ее формирования? Их «гео»-термальных резервуаров хватило бы на миллиарды лет. А что можно сказать о бесчисленных планетах, которые насильно изгнали из всех остальных солнечных систем, успевших сформироваться в нашей Вселенной? Может быть, межзвездное пространство кишмя кишит жизнью, которая возникла и эволюционировала в глубинах бездомных планет?

Обитаемая зона – это вовсе не аккуратно очерченная область вокруг звезды, куда попадает идеальное, «в самый раз», количество солнечного света, – на самом деле она везде. Так что домик трех медведей, возможно, тоже не занимает никакого особого места в мире волшебных сказок. Миска с кашей, температура которой «в самый раз», могла найтись в любом жилище, даже в домиках трех поросят. Мы выяснили, что соответствующий множитель уравнения Дрейка – тот самый, который отвечает за существование планет в пределах обитаемой зоны, – вполне может вырасти почти до 100 %.

Так что у нашей сказки очень многообещающий финал. Жизнь совсем не обязательно редкое и уникальное явление, возможно, она встречается так же часто, как и сами планеты.

А термофильные бактерии жили с тех пор долго и счастливо – примерно пять миллиардов лет.

## Глава двадцать четвертая

### Вода, вода, кругом вода

Судя по виду некоторых самых засушливых и негостеприимных мест в нашей Солнечной системе, можно подумать, что вода, которой на Земле полным-полно, в остальных уголках галактики – редкая роскошь. Однако из всех трехатомных молекул вода самая распространенная, причем с большим отрывом. А в списке самых распространенных в космосе элементов составляющие воды – водород и кислород – занимают первое и третье место. Так что не надо спрашивать, откуда в том или ином месте взялась вода, – лучше спросить, почему она все-таки есть не везде.

Начнем с Солнечной системы. Если вы ищете местечко без воды и без воздуха, далеко ходить не надо: у вас в распоряжении Луна. При низком атмосферном давлении на Луне – оно равно практически нулю – и двухнедельных днях, когда температура близка к 100 °С, вода быстро испаряется. Во время двухнедельной ночи температура падает до –155 °С: при таких условиях почти что угодно замерзнет.

Астронавты, участвовавшие в программе «Аполлон», брали с собой на Луну весь воздух, всю воду и все системы для кондиционирования воздуха), какие были им нужны для путешествия туда и обратно. Однако в далеком будущем экспедициям, вероятно, будет уже не нужно возить с собой воду и различные продукты из нее. Данные с космического зонда «Клементина» позволяют раз и навсегда положить конец давним спорам о том, есть ли на дне глубоких кратеров на Северном и Южном полюсах Луны замороженные озера.

Если учесть среднее количество столкновений Луны с межпланетным мусором в год, приходится предположить, что среди падающих на поверхность обломков должны быть и достаточно большие ледяные кометы. Что значит «достаточно большие»? В Солнечной системе достаточно комет, которые, если растают, оставят лужу размером с озеро Эри.

Конечно, нельзя рассчитывать, что новенькое озеро переживет много жарких лунных дней с температурой, близкой к 100 °С, однако любая комета, которая упала на поверхность Луны и испарилась, сбрасывает часть своих молекул воды на дно глубоких кратеров у полюсов. Эти молекулы впитываются в лунную почву, где и остаются на веки вечные, поскольку такие места – это единственные уголки на Луне, где буквально «Солнце не светит». (Если вы пребывали в уверенности, что одна сторона

Луны всегда темная, значит, вас ввели в заблуждение самые разные авторитетные источники, в число которых, несомненно, входит и альбом группы «Пинк Флойд» «Темная сторона Луны», вышедший в 1973 году.)

Как знают обитатели Арктики и Антарктики, изголодавшиеся по солнечному свету, в этих местах Солнце никогда не поднимается высоко над горизонтом – ни в течение дня, ни в течение года. А теперь представьте себе, что вы живете на дне кратера, край которого выше, чем точка на небосклоне, докуда поднимается Солнце. В таком кратере, да еще и на Луне, где нет воздуха и нечему рассеять свет, чтобы он попал в тенистые уголки, придется жить в вечной тьме.

\* \* \*

В вашем холодильнике тоже холодно и темно, однако лед там со временем все-таки испаряется (не верите – посмотрите, как выглядят кубики льда, когда вы возвращаетесь из долгой отлучки), тем не менее на дне этих кратеров так холодно, что испарение, в сущности, прекращается (по крайней мере, в рамках нашего разговора мы вполне можем предположить, что его нет). Нет никаких сомнений, что если мы когда-нибудь построим на Луне колонию, ее надо будет расположить неподалеку от таких кратеров. Помимо очевидных преимуществ – у колонистов будет вдоволь льда, будет что растапливать, очищать и пить, – из молекул воды можно еще добывать водород, отделяя его от кислорода. Водород и часть кислорода пойдут в ракетное топливо, а остальным кислородом колонисты будут дышать. А в свободное от космических экспедиций время можно покататься на коньках по замороженному озеру из добытой воды.

Итак, древние данные кратеров говорят нам, что на Луну падали кометы, – из этого следует, что такое случалось и с Землей. Если учесть, что Земля больше и гравитация у нее сильнее, можно даже сделать вывод, что кометы падали на Землю гораздо чаще. Так и есть – с самого рождения Земли и по сегодняшний день. Более того, Земля ведь не возникла из космического вакуума в виде готового сферического кома. Она выросла из конденсировавшегося протосолнечного газа, из которого сформировалось и само Солнце, и все остальные планеты. Земля продолжала расти, поскольку на нее налипали мелкие твердые частички, а потом – за счет постоянной бомбардировки астероидами, которые были богаты минералами, и кометами, которые были богаты водой. В каком

смысле постоянной? Подозревают, что частоты падения на Землю комет на ранних стадиях ее существования хватило для обеспечения водой всех ее океанов. Однако здесь остаются определенные вопросы (и простор для споров). В воде из комет, которые мы исследуем сейчас, по сравнению с водой из океанов очень много дейтерия – разновидности водорода, в ядре которого есть лишний нейтрон. Если океаны заполнялись за счет комет, то кометы, которые падали на Землю в начале существования Солнечной системы, имели несколько иной химический состав.

Думали, можно спокойно выходить на улицу? Вот и нет: недавние исследования содержания воды в верхних слоях земной атмосферы показали, что на Землю регулярно падают куски льда размером с дом. Эти межпланетные снежки при соприкосновении с воздухом быстро испаряются, но успевают внести свой вклад в водяной бюджет Земли. Если частотность падений была постоянной на протяжении всей истории Земли в 4,6 миллиардов лет, то эти снежки, возможно, тоже пополняли земные океаны. Прибавим к этому водяной пар, который, как нам известно, попадает в атмосферу при извержении вулканов, и окажется, что Земля получила свой запас воды на поверхности самыми разными путями.

Сейчас наши величественные океаны занимают две трети земной поверхности, однако составляют всего одну пятитысячную земной массы. Казалось бы, очень маленькая доля, однако это все равно целых полтора квинтильона тонн, 2 % которых в каждый момент времени пребывают в виде льда. Если на Земле когда-нибудь случится период сильнейшего парникового эффекта, как на Венере, то наша атмосфера поглотит избыточное количество солнечной энергии, температура воздуха возрастет, и океаны вскипят и быстро испарятся в атмосферу. Это будет плохо. Мало того что флора и фауна Земли вымрут – это очевидно, – одной из веских (в буквальном смысле) причин всеобщей гибели станет то, что атмосфера, насыщенная водяным паром, станет в триста раз массивнее. Нас всех расплющит.

Венера отличается от прочих планет в Солнечной системе во многих отношениях, в том числе – своей толстой, плотной, тяжелой атмосферой из углекислого газа, давление которой в сто раз больше давления земной атмосферы. Нас бы и там расплющило. Однако в моем рейтинге самых удивительных особенностей Венеры первое место занимает наличие кратеров, которые все как один образовались относительно недавно и распределены равномерно по всей поверхности. Эта безобидная на первый взгляд черта наталкивает на мысль о какой-то одной катастрофе планетарного масштаба, которая перезапустила часы образования кратеров

и стерла все свидетельства соударений в прошлом. Такое по силам, например, эрозивному климатическому феномену вроде всемирного потопа. А еще – масштабной геологической (не венерологической же) активности, скажем, потокам лавы, которые превратили всю поверхность Венеры в мечту американского автомобилиста – целиком заасфальтированную планету. Что бы ни перезапустило часы, произошло это резко и одновременно. Однако не все тут ясно. Если на Венере и правда был всемирный потоп, куда теперь подевалась вся вода? Ушла под поверхность? Испарилась в атмосферу? Или Венеру затопила вообще не вода, а какое-то другое вещество?

\* \* \*

Наше любопытство и невежество одной Венерой не ограничиваются – они распространяются и на другие планеты. Марс когда-то был настоящим болотом – с извилистыми реками, поймами, дельтами, сетью мелких ручьев и огромных каньонов, выточенных бегущей водой. У нас уже достаточно доказательств, что если где-то в Солнечной системе и были изобильные источники воды, так это на Марсе. Однако на сегодняшний день поверхность Марса совершенно суха, а почему – непонятно. Глядя на Марс и Венеру – брата и сестру нашей планеты – я по-новому смотрю и на Землю и задумываюсь о том, как, возможно, ненадежны наши источники воды на земной поверхности.

Как мы уже знаем, разыгравшееся воображение заставило Персиваля Лоуэлла предположить, что это колонии изобретательных марсиан выстроили на Марсе хитроумную сеть каналов, чтобы доставлять воду с полярных ледников в более населенные средние широты. Чтобы объяснить то, что он увидел (или решил, что увидел), Лоуэлл выдумал умирающую цивилизацию, которая почему-то лишилась воды. В своем подробном, однако на диво ошибочном трактате «Марс как пристанище жизни» («Mars as the Abode of Life», 1909), Лоуэлл оплакивает неизбежный закат марсианской цивилизации, порожденной его фантазией:

Высыхание планеты продолжится, несомненно, до тех самых пор, пока его поверхность не утратит способность поддерживать всякую жизнь. Время, несомненно, сдует ее, словно пыль. Однако, когда потухнет последняя ее искорка, мертвая планета будет нестись в пространстве, будто призрак, а ее эволюционная

карьера оборвется навсегда.

*(Lowell, 1908, p. 216)*

Кое-что Лоуэлл понял совершенно правильно. Если на марсианской поверхности когда-то и существовала цивилизация (или любые живые организмы), которой требовалась вода, то на каком-то неведомом этапе марсианской истории и по какой-то неведомой причине вся вода на поверхности действительно высохла, что и привело в точности к такому финалу, какой описывает Лоуэлл. Возможно, пропавшая марсианская вода просто ушла под землю и попала в плен вечной мерзлоты.

Чем это можно доказать? У больших кратеров на поверхности Марса потоки высохшей грязи, перелившейся через край, встречаются чаще, чем у маленьких. Если предположить, что вечная мерзлота лежит довольно глубоко, чтобы добраться до нее, требовалось сильное столкновение. Выброс энергии от такого столкновения должен был при контакте расплавить лед под поверхностью, и грязь выплеснулась наружу. Кратеры с такими особенностями чаще встречаются в холодных приполярных широтах, именно там, где можно ожидать, что слой вечной мерзлоты пролегает ближе к поверхности. По некоторым оценкам, если бы вся вода, которая, как мы подозреваем, затаилась в толще вечной мерзлоты на Марсе и, как мы точно знаем, заключена в ледниках на полюсах, расплавилась и равномерно распределилась по его поверхности, Марс превратился бы в сплошной океан в десятки метров глубиной. В план поиска жизни на Марсе, как современной, так и ископаемой, должен входить осмотр самых разных мест, особенно под поверхностью Марса.

Когда астрофизики начали задумываться о том, где можно найти жидкую воду, а по ассоциации, и жизнь, они сначала были склонны принимать в расчет планеты, которые вращаются по орбите на определенном расстоянии от своей звезды, – на таком, чтобы на их поверхности вода оставалась жидкой, не слишком далеко и не слишком близко. Эту зону принято называть обитаемой зоной, или зоной Златовласки (см. предыдущую главу), и для начала это была вполне приемлемая оценка. Однако она не учитывала возможность возникновения жизни в таких местах, где имелись другие источники энергии, благодаря которым вода там, где ей полагалось бы обращаться в лед, оставалась в жидком состоянии. Это мог бы обеспечить легкий парниковый эффект. А также внутренний источник энергии, например остаточный жар после формирования планеты или радиоактивный распад нестабильных тяжелых

элементов, каждый из которых вносит свой вклад во внутренний подогрев Земли и, следовательно, в ее геологическую активность. Кроме того, источником энергии служат и планетные приливы – это более общее понятие, чем просто танцы вздымающегося океана с Луной. Как мы уже видели, Ио, спутник Юпитера, подвергается постоянным нагрузкам из-за переменчивых приливных сил, поскольку ее орбита не совсем круглая и Ио то приближается, то удаляется от Юпитера. Ио находится на таком расстоянии от Солнца, что при других условиях должна была бы промерзнуть на веки вечные, но из-за постоянных приливных перепадов заслужила титул небесного тела с самой бурной геологической активностью во всей Солнечной системе – там есть все: и вулканы, изрыгающие лаву, и огненные расщелины, и тектонические сдвиги. Иногда современную Ио уподобляют юной Земле, когда наша планета еще не остыла после рождения.

Не менее интересна и Европа – другой спутник Юпитера, тоже черпающий тепло из приливных сил. Ученые уже давно подозревали, а недавно подтвердили (на основании снимков с космического зонда «Галилео»), что Европа покрыта толстыми мигрирующими пластами льда, под которыми раскинулся океан из снеговой жижи или жидкой воды. Целый океан воды! Только представьте себе, какая там подледная рыбалка. И в самом деле, инженеры и ученые из Лаборатории реактивного движения уже подумывают, не послать ли на Европу космический зонд, который совершит посадку на лед, найдет в нем полынью (или прорубит либо протопит ее сам), опустит в нее глубоководную видеокамеру, и мы посмотрим, что там и как. Поскольку жизнь на Земле, скорее всего, зародилась именно в океане, существование жизни в океанах Европы – отнюдь не пустая фантазия, такое вполне может быть.

На мой взгляд, самое удивительное качество воды – это не заслуженный ярлык «универсального растворителя», о котором мы все узнали на уроках химии в школе, и не необычайно широкий диапазон температур, в котором вода остается жидкой. Самая удивительная черта воды – то, что хотя почти все вещества, в том числе и сама вода, при охлаждении становятся плотнее, вода, охладившись ниже 4 °С, становится все менее и менее плотной. Когда она замерзает при нуле градусов, то становится менее плотной, чем в жидком состоянии при любой температуре, и это досадно для водопроводных труб, зато очень удачно для рыб. Зимой, когда температура воздуха падает ниже нуля, вода температурой в 4 градуса опускается на дно и остается там, а на поверхности очень медленно нарастает плавучий слой льда

и изолирует более теплую воду от холодного воздуха.

Если бы с водой не происходила эта инверсия плотности при температуре ниже 4 градусов, то при температуре воздуха ниже точки замерзания внешняя поверхность водоема остужалась бы и опускалась на дно, а более теплая вода поднималась бы наверх. Такая вынужденная конвекция быстро охладила бы всю массу воды до нуля, после чего поверхность начала бы замерзать. Более плотный лед тонул бы – и вся толща воды промерзала бы со дна к поверхности. В подобном мире не было бы никакой подледной рыбалки, поскольку вся рыба замерзла бы – заморозилась заживо. А любители подледного лова сидели бы либо под толщей еще не замерзшей воды, либо на глыбе полностью замерзшего водоема. Чтобы путешествовать по замерзшей Арктике, не нужны были бы ледоколы: Северный Ледовитый океан либо промерзал бы до дна, либо оставался бы открытым для обычного судоходства, поскольку слой льда пролегал бы внизу. И по льду можно было бы гулять сколько хочешь и не бояться провалиться. В таком параллельном мире льдины и айсберги тонули бы, и в 1912 году «Титаник» преспокойно доплыл бы до места назначения – до Нью-Йорка.

Существование воды в галактике не ограничивается планетами и их спутниками. Молекулы воды, а также нескольких других знакомых домашних химических веществ, например аммиака, метана и этилового спирта, то и дело регистрируют в межзвездных газовых облаках. При определенных условиях – низкой температуре и высокой плотности – группа молекул воды может переизлучать в пространство энергию ближайшей звезды в виде усиленного высокоинтенсивного направленного микроволнового излучения. Физика этого явления сильно напоминает все то, что происходит с видимым светом в лазере. Но в этом случае лучше говорить не о лазере, а о мазере – так сокращается словосочетание «Microwave amplification by the stimulated emission of radiation» («Усиление микроволн с помощью вынужденного излучения»). Так что вода не просто всюду и везде в галактике – иногда она еще и лучезарно улыбается вам из космических глубин.

Мы знаем, что вода необходима для жизни на Земле, но можем лишь предполагать, что она – необходимое условие возникновения жизни в любом уголке галактики. Однако химически безграмотные люди сплошь и рядом считают, что вода – это смертоносная субстанция, с которой лучше не сталкиваться. В 1997 году Натан Зонер, четырнадцатилетний ученик средней школы в городе Игл-Рок в штате Айдахо, провел объективное исследование антитехнологических предрассудков и связанной с ними

«химиофобии», стяжавшее заслуженную славу. Натан предлагал прохожим на улице подписать петицию с требованием строго контролировать либо вообще запретить применение монооксида дигидрогена. Юный экспериментатор приводил перечень кошмарных свойств этого вещества, лишённого вкуса и запаха:

- монооксид дигидрогена – главная составляющая кислотных дождей;
- рано или поздно это вещество растворяет все, с чем соприкасается;
- если случайно вдохнуть его, это может быть смертельно;
- в газообразном состоянии оно оставляет тяжелые ожоги;
- оно обнаружено в опухолях больных раком в терминальной стадии.

Сорок три человека из пятидесяти, к которым обратился Зонер, подписали петицию, шестеро колебались, а один оказался горячим сторонником монооксида дигидрогена и отказался ставить свою подпись. Да-да, 86 % прохожих проголосовали за запрет воды ( $H_2O$ ), за то, чтобы ее не было в окружающей среде.

Может быть, именно такая судьба и постигла всю воду на Марсе.

## Глава двадцать пятая

### Жизненное пространство

Если спросить человека, откуда он, в ответ обычно услышишь название города, где он родился, или какого-то места на земной поверхности, где он провел детство. И это совершенно правильно. Однако астрохимически точный ответ должен звучать иначе: «Я происхожу из остатков после взрывов множества массивных звезд, которые погибли больше пяти миллиардов лет назад».

Космическое пространство – это главная химическая фабрика. Запустил ее Большой Взрыв, снабдивший Вселенную водородом, гелием и капелькой лития – тремя самыми легкими элементами. Остальные девяносто два элемента, встречающиеся в природе, создали звезды, в том числе весь без исключения углерод, кальций и фосфор во всех до единого живых организмах на Земле, и в людях, и в прочих. Кому был бы нужен весь этот богатейший ассортимент сырья, если бы он остался заперт в звездах? Но когда звезды умирают, они возвращают космосу львиную долю своей массы и приправляют ближайшие газовые облака всем набором атомов, которые впоследствии обогащают следующее поколение звезд.

Если складываются подходящие условия – нужная температура и нужное давление, – многие атомы объединяются и возникают простые молекулы. После чего многие молекулы становятся больше и сложнее, причем механизмы для этого одновременно и затейливы, и изобретательны. В конце концов сложные молекулы самоорганизуются в те или иные живые организмы, и это наверняка происходит в миллиардах уголков Вселенной. По крайней мере в одном из них молекулы стали так сложны, что у них возник разум, а затем и способность формулировать и передавать друг другу идеи, изложенные при помощи значков на этой странице.

Да-да, не только люди, но и все остальные живые организмы в космосе, а также планеты и луны, на которых они обитают, не существовали бы, если бы не останки израсходованных звезд. В общем, вы состоите из отбросов. С этим придется смириться. А лучше порадоваться. В конце концов, что может быть благороднее, чем мысль о том, что во всех нас живет Вселенная?

\* \* \*

Чтобы состряпать жизнь, редкие ингредиенты не нужны. Вспомним, какие элементы занимают пять первых мест по распространенности в космосе: водород, гелий, кислород, углерод и азот. За исключением химически инертного гелия, который ни с кем не любит создавать молекулы, получаем четыре главных составляющих жизни на Земле. Они ждут своего часа в массивных облаках, которые обволакивают звезды в галактике, и начинают создавать молекулы, стоит температуре упасть ниже пары тысяч градусов Кельвина. Молекулы из двух атомов формируются сразу: это угарный газ и молекула водорода (два связанных друг с другом атома водорода). Стоит снизить температуру еще немного, и получатся стабильные трех- или четырехатомные молекулы вроде воды ( $H_2O$ ), углекислого газа ( $CO_2$ ) и аммиака ( $NH_3$ ) – простые, но высококачественные продукты биологической кухни. Если температура упадет еще немного, возникнет целый сонм молекул из пяти и шести атомов. А поскольку углерод не только широко распространен, но еще и весьма деятелен с химической точки зрения, то входит в большинство молекул, – по сути дела, в три четверти всех «видов» молекул, наблюдаемых в межзвездной среде, входит хотя бы один атом углерода.

Многообещающе. Однако космос для молекул – место довольно опасное. Если их не разрушает энергия взрывов сверхновых, то дело довершает ультрафиолетовое излучение от ближайших ультраярких звезд. Чем больше молекула, тем хуже она выдерживает атаки. Если молекулам повезло и они обитают в относительно спокойных или укрытых от посторонних воздействий областях, они могут дожить до того, что войдут в состав крупниц космической пыли, а в конце концов и в астероиды, кометы, планеты и людей. Но даже если звездный натиск не оставит в живых ни одну из первоначальных молекул, останется вдоволь атомов и времени, чтобы создать сложные молекулы – не только во время формирования той или иной планеты, но и на податливой поверхности планеты и под ней. Среди самых распространенных сложных молекул особенно выделяются аденин (это такой нуклеотид, или «основание», составная часть ДНК), глицин (предшественник белка) и гликоальдегид (углеводород). Все эти и им подобные ингредиенты необходимы для возникновения жизни в привычном для нас виде и, несомненно, встречаются отнюдь не только на Земле.

\* \* \*

Однако вся эта вакханалия органических молекул – это еще не жизнь, точно так же как мука, вода, дрожжи и соль – еще не хлеб. Хотя сам переход от сырья к живому существу остается загадкой, очевидно, что для этого нужно несколько условий. Окружающая среда должна подталкивать молекулы к экспериментам друг с другом и при этом оберегать от излишнего травматизма. Особенно хороши для этого жидкости, поскольку они обеспечивают и тесный контакт, и большую подвижность. Чем больше возможностей для химических реакций дает среда, тем изобретательнее эксперименты ее обитателей. Важно учитывать и другой фактор, о котором говорят законы физики: для химических реакций необходим бесперебойный источник энергии.

Если учесть широкий диапазон температур, давления, кислотности и излучений, при которых способна процветать жизнь на Земле, и помнить, что то, что для одного микроба уютный уголок, для другого – камера пыток, становится понятно, почему ученые больше не имеют права выдвигать дополнительные условия существования жизни в других местах. Прекрасная иллюстрация ограниченности подобных умозаключений приведена в прелестной книжке «Cosmotheoros» голландского астронома XVII века Христиана Гюйгенса: автор убежден, что на других планетах должны культивировать коноплю – иначе из чего делать корабельные канаты, чтобы управлять судами и плавать по морям?

Прошло триста лет, и мы довольствуемся всего лишь горсткой молекул. Если их хорошенько перемешать и поставить в теплое место, можно рассчитывать, что пройдет всего несколько сотен миллионов лет – и у нас будут процветающие колонии микроорганизмов.

\* \* \*

Жизнь на земле необычайно плодovита, тут сомневаться не приходится. А как обстоят дела в остальной Вселенной? Если еще где-нибудь найдется небесное тело, хоть сколько-нибудь похожее на нашу планету, возможно, оно проделывало похожие опыты с похожими химическими реактивами и эти опыты были срежиссированы теми же физическими законами, которые одинаковы во всей Вселенной.

Возьмем, к примеру, углерод. Он умеет создавать самые разные связи и с самим собой, и с другими элементами и поэтому входит в невероятное количество химических соединений – в этом ему нет равных во всей таблице Менделеева. Углерод создает больше молекул, чем все остальные

элементы вместе взятые (10 миллионов – как вам?). Обычно, чтобы создать молекулу, атомы делятся одним или несколькими внешними электронами, захватывают друг друга наподобие кулачковых соединений между грузовыми вагонами. Каждый атом углерода способен создавать такие связи с одним, двумя, тремя или четырьмя другими атомами – а вот атом водорода, скажем, только с одним, кислорода – с одним или двумя, азота – с тремя.

Когда углерод объединяется сам с собой, то создает множество молекул из всевозможных сочетаний длинных цепочек, замкнутых колец или разветвленных структур. Эти сложные органические молекулы способны на подвиги, о которых маленькие молекулы могут только мечтать. Например, им по силам выполнять одну задачу на одном конце и другую на другом, скручиваться, сворачиваться, переплетаться с другими молекулами, создавать вещества со все новыми и новыми свойствами и качествами – им нет преград. Пожалуй, самая поразительная молекула на основе углерода – это ДНК, двойная спираль, в которой зашифрован индивидуальный облик каждого живого организма.

А как же вода? Если речь идет об обеспечении жизни, вода обладает очень полезным качеством – она остается жидкой при очень широком, по мнению большинства биологов, диапазоне температур. К сожалению, большинство биологов рассматривают только Землю, где вода остается жидкой в пределах 100 градусов по шкале Цельсия. Между тем кое-где на Марсе атмосферное давление так низко, что вода вообще не бывает жидкой – стоит налить себе стакан  $H_2O$ , как вся вода одновременно и вскипит, и замерзнет! Однако, каким бы прискорбным ни было нынешнее положение атмосферы Марса, в прошлом она позволяла существовать огромным запасам жидкой воды. Если когда-то на поверхности красной планеты и существовала жизнь, то только в ту пору.

Что касается Земли, то у нее на поверхности с водой очень хорошо поставлено, иногда даже слишком хорошо и даже смертельно опасно. Откуда она взялась? Как мы уже видели, логично предположить, что отчасти ее доставили сюда кометы: они, можно сказать, пропитаны водой (замерзшей, конечно), в Солнечной системе их миллиарды, среди них встречаются довольно крупные, а когда Солнечная система только формировалась, они постоянно бомбардировали юную Землю. Вулканы извергаются не только из-за того, что магма очень горячая, а еще и потому, что вздымающаяся горячая магма обращает подземные воды в пар, а пар стремительно расширяется, что приводит к взрыву. Пар перестает помещаться в подземные пустоты, и с вулкана срывает крышку, отчего  $H_2O$

выходит на поверхность. С учетом всего этого не стоит удивляться, что на поверхности нашей планеты полным-полно воды.

\* \* \*

При всем многообразии живых организмов на Земле у всех у них есть общие участки ДНК. Биолог, который в жизни не видел ничего кроме Земли, только радуется многогранности жизни, однако астробиолог мечтает о разнообразии в более крупном масштабе: о жизни, основанной на совершенно чуждой нам ДНК или вообще на чем-то другом. К сожалению, пока что наша планета – единственный биологический образец. Тем не менее астробиолог может позволить себе коллекционировать гипотезы о живых организмах, которые обитают где-то в глубинах космоса, изучая организмы, которые обитают в экстремальных средах здесь, на Земле.

Стоит начать искать этих экстремофилов, и окажется, что живут они практически повсеместно: и на свалках ядерных отходов, и в кислотных гейзерах, и в насыщенных железом кислотных реках, и в глубоководных источниках, изрыгающих химические взвеси, и возле подводных вулканов, в вечной мерзлоте, в горах окалина, в промышленных соляных прудах и в самых разных местах, куда вы наверняка не поехали бы на медовый месяц, но которые, вероятно, вполне типичны для большинства других планет и спутников. Когда-то биологи считали, что жизнь зародилась в какой-то «теплой лужице», как писал Дарвин (Darwin 1959, p. 202); однако накопившиеся за последнее время свидетельства заставляют склониться к представлению о том, что первыми живыми организмами на Земле были именно экстремофилы.

Как мы увидим в следующей части, первые полмиллиарда лет своего существования Солнечная система больше всего напоминала стрельбище. На поверхность Земли постоянно падали большие и маленькие глыбы, которые оставляли после себя кратеры и измельчали в пыль горные породы. Любая попытка запустить проект «Жизнь» была бы тут же пресечена. Однако примерно четыре миллиарда лет назад бомбардировка ослабела, а температура земной поверхности начала опускаться, что позволило результатам сложных химических опытов выживать и процветать. В старых учебниках отсчет времени ведется от рождения Солнечной системы, а их авторы обычно утверждают, что Земле на формирование потребовалось 700–800 миллионов лет. Но это не так: эксперименты в химической

лаборатории планеты могли начаться не раньше, чем стихнет небесная бомбежка. Смело вычитите 600 миллионов лет «военных действий» – и получится, что одноклеточные механизмы выбрались из первобытной жижи всего за 200 миллионов лет. Хотя ученые по-прежнему не могут понять, как именно зародилась жизнь, у природы, похоже, не возникло с этим никаких сложностей.

\* \* \*

Астрохимики проделали колоссальный путь всего за несколько десятков лет: еще недавно они вообще ничего не знали о молекулах в космосе, а к сегодняшнему дню уже обнаружили практически повсюду множество различных соединений. Более того, в последние десять лет астрофизики подтвердили, что планеты вращаются и вокруг других звезд и что каждая звездная система, а не только Солнечная, полным-полна тех же четырех главных ингредиентов жизни, что и наш собственный космический дом. Конечно, обнаружить жизнь на звезде никто не ожидает, даже на «холодной», где всего-то тысяча градусов, однако жизнь на Земле часто встречается и в тех местах, где температура доходит до нескольких сотен градусов. Все эти открытия в совокупности заставляют сделать вывод, что на самом деле Вселенная нам отнюдь не чужда и неведома – на самом деле мы с ней уже знакомы на фундаментальном уровне.

Но насколько близко мы знакомы? Какова вероятность, что любые живые организмы похожи на земные – основаны на углероде и предпочитают воду всем другим жидкостям?

Рассмотрим, к примеру, кремний – один из самых распространенных элементов во Вселенной. В таблице Менделеева кремний находится прямо под углеродом, а это значит, что у них одинаковая конфигурация электронов на внешнем уровне. Кремний, как и углерод, может создавать связи с одним, двумя, тремя или четырьмя другими атомами. При нужных условиях он тоже может формировать молекулы-цепочки. Поскольку возможности для создания химических соединений у кремния примерно такие же, как и у углерода, резонно предположить, что жизнь может возникнуть и на его основе.

Однако с кремнием есть одна сложность: кроме того, что он встречается в десять раз реже углерода, он еще и создает очень прочные связи. В частности, если связать кремний и водород, то получатся не зачатки органической химии, а камни. На Земле эти химические

соединения отличаются длительным сроком хранения. А чтобы химическое соединение было благоприятно для живого организма, нужны связи, достаточно прочные, чтобы выдержать не слишком сильные атаки окружающей среды, но не настолько нерушимые, чтобы отсечь возможность для дальнейших экспериментов.

А насколько необходима вода в жидком состоянии? Неужели это единственная среда, подходящая для химических экспериментов, единственная среда, способная доставлять питательные вещества из одних частей живого организма к другим? Может быть, живым организмам нужна просто любая жидкость. В природе довольно часто встречается, например, аммиак. И этиловый спирт. Оба получаются из самых распространенных во Вселенной элементов. Аммиак, смешанный с водой, замерзает при температуре гораздо ниже, чем просто вода ( $-73\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а не  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), что расширяет температурный диапазон, при котором есть шансы обнаружить живые организмы, которые любят жидкость. Есть и другой вариант: на планете, где мало источников внутреннего тепла, например она вращается далеко от своей звезды и промерзла до костей, роль необходимой жидкости может сыграть и метан, который обычно пребывает в газообразном состоянии.

\* \* \*

В 2005 году космический зонд «Гюйгенс» (названный в честь самознаете-кого) совершил посадку на Титан, самый большой спутник Сатурна, где много органических соединений и атмосфера в десять раз толще земной. Не считая планет – Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, – каждая из которых состоит целиком из газа и не обладает твердой поверхностью, – достойной упоминания атмосферой обладают лишь четыре небесных тела в нашей Солнечной системе: это Венера, Земля, Марс и Титан. Титан – отнюдь не случайный объект исследования. Перечень молекул, которые можно там обнаружить, внушает уважение: это и вода, и аммиак, и метан, и этан, а также так называемые полициклические ароматические углеводороды – молекулы из множества колец. Водяной лед на Титане такой холодный, что стал твердым, как цемент. Однако сочетание температуры и давления приводит метан в жидкое состояние, и на первых изображениях, полученных с помощью «Гюйгенса», видны ручьи, реки и озера жидкого метана. Химическая обстановка на поверхности Титана в некотором смысле напоминает обстановку на юной Земле, вот почему

очень многие астробиологии считают Титан «живой» лабораторией для изучения далекого прошлого Земли. И в самом деле, проведенные два десятка лет назад эксперименты показали, что если добавить воду и немного кислоты в органическую взвесь, которая получается, если облучить газы, из которых состоит мутная атмосфера Титана, это даст нам шестнадцать аминокислот.

Не так давно биологи узнали, что совокупная биомасса под поверхностью планеты Земля, возможно, больше, чем на поверхности. Нынешние исследования особо выносливых живых организмов раз за разом показывают, что жизнь не знает преград и границ. Исследователи, изучающие условия для возникновения жизни, больше не «чокнутые профессора», которые ищут на ближайших планетах маленьких зеленых человечков, – это ученые-универсалы, владеющие самым разным инструментарием: они должны быть специалистами не только в астрофизике, химии и биологии, но и в геологии и планетологии, поскольку жизнь им приходится высматривать где угодно.

## Глава двадцать шестая

### Есть ли жизнь во Вселенной

Когда ученые открыли сотни планет вокруг других звезд, это вызвало колоссальный общественный интерес. Причем в основном этот интерес был вызван не столько открытием планет в других системах, кроме Солнечной, сколько перспективой обнаружить на них разумную жизнь. Так или иначе, шумиха, которую поднимают по этому поводу СМИ, до сих пор несколько не соответствует важности события. Почему? Потому что если у Солнца, ничем не примечательной звезды, целых восемь планет, не может такого быть, чтобы во всей остальной Вселенной они были редкостью. К тому же все недавно открытые планеты – это огромные газовые гиганты, похожие на Юпитер, а значит, у них нет удобной поверхности, на которой могла бы обитать жизнь в привычном для нас виде. И даже если бы на этих планетах кишмя кишели веселые инопланетяне, вероятность, что эти живые организмы разумны, очень и очень мала.

Как правило, для ученого (да и для кого угодно, если уж на то пошло) нет более рискованного шага, чем делать масштабные обобщения на одном-единственном примере. На сегодня мы знаем только один случай возникновения жизни во Вселенной – это здесь, на Земле, – однако у нас есть все основания полагать, что мы не одиноки. Более того, астрофизики в большинстве своем согласны, что жизнь, весьма вероятно, есть еще где-нибудь. Обосновать это очень просто: если наша Солнечная система – не исключение, то во Вселенной столько планет, что они, в частности, превосходят числом сумму всех звуков и слов, произнесенных всеми людьми, жившими на Земле с начала времен. Если бы мы объявили, что Земля – единственная планета во Вселенной, где есть жизнь, это было бы с нашей стороны большое зазнайство.

Антропоцентрические заблуждения сбили с пути истинного много поколений мыслителей, и научных, и религиозных, – правда, были и такие, кто заблуждался просто по невежеству. В отсутствие данных и догм лучше руководствоваться идеей, что в нас нет ничего особенного, – это принято называть принципом Коперника, само собой, в честь Николая Коперника, который еще в середине XVI века вернул Солнце на причитающееся ему место в центр Солнечной системы. Несмотря на то, что древнегреческий философ Аристарх предложил гелиоцентрическую модель Вселенной еще в III веке до н. э., представление о том, что в центре Вселенной находится

Земля, в последние 2000 лет без малого было гораздо популярнее. Опираясь на учение Аристотеля и Птолемея, а затем – на догматы католической церкви, люди обычно считали, что Земля – центр всякого движения и всей известной Вселенной. Это было самоочевидно. Ведь Вселенная именно так и выглядит, и такой ее наверняка создал Бог.

Хотя к принципу Коперника не прилагается никаких гарантий, что он веки вечные будет вести нас к космическим истинам, пока что он вполне себя оправдывает: мало того что Земля – не центр Солнечной системы, но и Солнечная система – не центр Млечного Пути, галактика Млечный Путь – не центр Вселенной, и вообще очень может быть, что наша Вселенная – всего лишь одна из множества Вселенных в составе множественной Вселенной, или мультиверса. Если вы из тех, кто считает, что место на краю чего-нибудь тоже особое, подчеркну, что и ни на каком краю мы тоже не находимся.

\* \* \*

В наши дни разумно встать на ту точку зрения, что жизнь на Земле тоже подчиняется принципу Коперника. Тогда мы сможем задаться вопросом, позволяет ли наличие биохимии на Земле делать выводы о том, какой может быть жизнь в других уголках Вселенной.

Не знаю, каждый ли день биологи замирают в благоговении при мысли о многообразии жизни. Я – замираю. На одной-единственной планетке под названием Земля сосуществуют (помимо бесчисленных других форм жизни) водоросли, жуки, губки, медузы, змеи, кондоры и гигантские секвойи. Представьте себе, что эти семь живых организмов выстроились по росту. Если бы вы не знали, что они из одной Вселенной, более того, с одной планеты, вам было бы трудно в это поверить. Попробуйте описать змею тому, кто никогда ее не видел: «Поверь мне на слово. На Земле есть животное, способное (1) находить добычу при помощи инфракрасных датчиков, (2) целиком заглатывать заживо животных размером в пять раз больше собственной головы, (3) не иметь ни рук, ни ног, ни прочих конечностей, но при этом (4) скользить по ровной земле со скоростью полметра в секунду!»

Если учесть подобное разнообразие жизни на Земле, можно ожидать, что и голливудские инопланетяне будут очень разные. Однако меня не устает поражать скудное воображение кинематографистов. За несколькими существенными исключениями – это инопланетяне

в фильмах «Капля» (1958), «2001 год: космическая одиссея» (1968) и «Контакт» (1997), голливудские инопланетяне очень уж похожи на гуманоидов. Они могут быть и уродами, и красавцами, но у них всегда два глаза, нос, рот, два уха, голова, шея, плечи, руки, ладони, кисти, торс, две ноги, две ступни, и они умеют ходить. С анатомической точки зрения эти создания практически неотличимы от людей, однако предполагается, что они с какой-то другой планеты. Между тем несомненно, что живые организмы из других уголков Вселенной, и разумные, и нет, должны выглядеть так же непривычно, как и представители некоторых местных, земных биологических видов.

Химический состав живых организмов на Земле основан на нескольких особых составляющих. 95 % атомов в человеческом организме и во всех известных живых организмах составляют элементы водород, кислород и углерод. Особое место в этой троице занимает углерод, чья химическая структура позволяет ему легко создавать достаточно прочные связи с самим собой и со многими другими элементами и образовывать разнообразные молекулы, именно поэтому мы считаемся углеродной жизнью – и именно поэтому изучение углеродосодержащих молекул принято называть органической химией. Любопытно, что изучение жизни на других планетах называют экзобиологией, и это одна из немногих научных дисциплин, которая пытается функционировать при полном отсутствии непосредственных данных.

Можно ли сказать, что жизнь – это какое-то особое явление с точки зрения химии? Принцип Коперника предполагает, что, скорее всего, нет. Инопланетянам не обязательно быть на нас похожими внешне – они наверняка напоминают нас на куда более фундаментальном уровне. Вспомним, что четыре самых распространенных элемента во Вселенной – это водород, гелий, углерод и кислород. Гелий инертен. Так что три самых распространенных и химически активных ингредиента в космосе – это одновременно еще и три ингредиента жизни на Земле. По этой причине вполне можно ручаться, что если когда-нибудь будет обнаружена жизнь на другой планете, окажется, что она состоит из похожей смеси элементов. Наоборот, если бы жизнь на Земле основывалась, скажем, на молибдене, висмуте и плутонии, у нас были бы самые веские основания полагать, что мы во Вселенной занимаем особое место.

Далее, если мы обратимся к принципу Коперника, то сможем предположить, что инопланетный организм едва ли должен быть очень большим по сравнению с известными нам живыми организмами. По дальним планетам не разгуливают живые существа размером с Эмпайр-

Стейт-Билдинг, это ясно из соображений устойчивости конструкции. Даже если не принимать в расчет инженерные ограничения прочности биологической материи, мы столкнемся с другими, более фундаментальными ограничениями. Если предположить, что инопланетянин контролирует движения собственных конечностей – или сделать обобщение и предположить, что организм должен функционировать согласованно, как единая система, – его размеры тут же окажутся ограничены способностью передавать внутри себя сигналы со скоростью света, поскольку это предел допустимой скорости во Вселенной. Если взять предельный случай – организм размером со всю Солнечную систему (то есть примерно 10 световых часов в диаметре), – и представить себе, что ему захотелось почесать в затылке, на это простое действие уйдет не меньше 10 часов. К тому же такие менее чем улиточьи темпы противоречат идее эволюции, поскольку всего времени с самого зарождения Вселенной не хватило бы, чтобы существо подобных габаритов эволюционировало из живых организмов меньшего размера за много поколений.

\* \* \*

А как же разум? Поскольку голливудские пришельцы худо-бедно добрались до Земли, мы вправе ожидать, что они необычайно умны. Однако знаю я и таких, которым должно быть стыдно за собственную тупость. Как-то раз я ехал на машине из Бостона в Нью-Йорк – дорога занимает часа четыре, – искал, что бы послушать в FM-диапазоне, и наткнулся на какую-то радиопостановку, где, насколько я мог судить (я же пропустил начало), шла речь о злых инопланетянах, которые терроризировали землян. Очевидно, их жизнедеятельность была основана на атомах водорода, поэтому они шастали по Земле, высасывали океаны и добывали водород из всех молекул  $H_2O$ .

Отменно глупые попались инопланетяне. Похоже, по пути к Земле они не обратили внимания на другие планеты, – ведь на Юпитере, например, масса чистого водорода примерно в двести раз больше, чем вся масса Земли. К тому же им, наверное, никто не говорил, что водород составляет примерно 90 % всех атомов во Вселенной.

А как же все те инопланетяне, которые сумели преодолеть тысячи световых лет межзвездного пространства – и потерпели крушение при посадке на Землю, загубив на корню свое эффектное появление?

А были и такие пришельцы – в фильме «Бликие контакты третьей степени» 1977 года, – которые перед прибытием передали на Землю загадочную последовательность повторяющихся цифр, которую специалисты по криптографии в конце концов расшифровали и поняли, что это широта и долгота точки предстоящей посадки корабля пришельцев. Однако у земной долготы совершенно произвольная точка отсчета – нулевой меридиан, который по международной договоренности проходит через английский город Гринвич. К тому же и широта, и долгота измеряются в надуманных, неестественных единицах, которые мы называем градусами и считаем, что их 360 в круге. Если инопланетяне знали так много о человеческой культуре, то, по-моему, с тем же успехом могли выучить английский и передать другое послание: «Мы собираемся совершить посадку сбоку от национального монумента „Башня Дьявола“ в штате Вайоминг. Поскольку у нас летающая тарелка, световые сигналы на взлетно-посадочной полосе можете не включать».

Однако почетное звание самого глупого инопланетянина всех времен и народов по справедливости досталось пришельцу из оригинального фильма «Звездный Путь» 1979 года. Это существо, которое называет себя «Виджер» (V'ger), – древний механический космический аппарат, который должен был изучать космос, совершать открытия и докладывать о том, что обнаружит. Этот аппарат «спасла» из глубин космоса цивилизация механических инопланетян и переконструировала его так, чтобы он мог выполнять то же самое в масштабах всей Вселенной. В конце концов аппарат узнал все на свете и в результате обрел разум. «Энтерпрайз» наталкивается на эту разползшуюся во все стороны чудовищную сокровищницу вселенской мудрости, когда «Виджер» уже погружен в размышления о своем создателе и смысле жизни. На борту древнего зонда видны написанные по трафарету полустертые буквы – «V» и «ger». Вскоре после этого капитан Кирк обнаруживает, что это космический аппарат «Вояджер-6», запущенный людьми с Земли в конце XX века. Судя по всему, буквы «оуа» между «V» и «ger» совсем выцвели, и их нельзя было разобрать. Бывает. Но я никогда не мог понять, как это «Виджер» собрал всю сумму знаний во Вселенной и к тому же обрел разум, но так и не догадался, что на самом деле называется «Вояджер».

И даже не спрашивайте меня про блокбастер «День Независимости», вышедший летом 1996 года. Злые пришельцы, на мой взгляд, вполне имеют право на существование, тут ничего обидного нет. Без них вообще не было бы никакой индустрии научно-фантастических фильмов. Пришельцы из «Дня Независимости» были очень злые. И выглядели

как гибрид медузы под названием португальский кораблик, акулы-молота и человека. Задуманы они были с большей фантазией, чем рядовые голливудские инопланетяне, но все равно в их летающих тарелках стояли мягкие кресла с подлокотниками. Хорошо, что люди все-таки победили. Мы одолели пришельцев из «Дня Независимости», подключив к компьютерной системе их флагмана (массой в одну пятую Луны) ноутбук-макинтош и загрузив туда вирус, который отключил защитное силовое поле. Не знаю как вы, а я иногда не могу загрузить файлы даже в чужие компьютеры у себя на работе, особенно если там стоит другая операционная система. Вариант только один. На суперкомпьютере инопланетного корабля стояла та же последняя версия операционной системы «Эппл», что и на ноутбуке, с которого загрузили вирус.

Спасибо, что выслушали. Прямо от сердца отлегло.

\* \* \*

Предположим для простоты беседы, что за всю историю Земли разум высокого уровня появился только у одного биологического вида – у людей. (Я совсем не хочу обидеть других млекопитающих с массивным мозгом. Хотя по большей части они не разбираются в астрофизике и не пишут стихов, можете их включить – мои выводы от этого не изменятся.) Если жизнь на Земле хоть как-то сопоставима с жизнью на других планетах, похоже, разум встречается редко. По некоторым оценкам, за всю историю Земли на ней существовало более 10 миллиардов видов. Следовательно, мы вправе ожидать, что таким же разумным, как и мы, окажется лишь 1 из 10 миллиардов всех внеземных видов живых организмов, не больше, не говоря уже о том, каковы шансы, что у разумных живых существ не окажется одновременно и высоких технологий, и желания наладить межзвездную связь.

Если такая цивилизация все же существует, для связи с ней лучше всего подходят радиоволны, поскольку они способны пересекать галактику беспрепятственно, пронизывая и межзвездный газ, и облака космической пыли. Однако земляне разобрались в устройстве и применении электромагнитного спектра менее века назад. Это можно сформулировать и еще огорчительнее: если инопланетяне и посылали на Землю радиосигналы, на протяжении почти всей истории человечества мы не имели возможности их регистрировать. Насколько нам известно, инопланетяне это уже делали, однако волей-неволей пришли к выводу,

что разумной жизни на Земле нет. Теперь, наверное, ищут ее где-нибудь в другом месте. Еще унижительнее другой сценарий: инопланетяне поняли, что на Земле есть какой-то вид живых существ, которые достигли определенного технологического прогресса, но пришли к тому же выводу.

То, что мы не знаем никакой жизни, кроме земной, – ни разумной, ни неразумной, – и, следовательно, предвзяты, вынуждает нас считать, что для возникновения какой бы то ни было жизни требуется вода в жидком состоянии. Как мы уже обсуждали, орбита планеты не должна проходить слишком близко к ее звезде, иначе температура поднимется слишком высоко и водяная оболочка планеты испарится. Но и слишком далеко она быть не должна, иначе температура окажется слишком низкой и вода на планете замерзнет. Иначе говоря, условия на планете должны быть такими, чтобы температура удерживалась в стоградусном диапазоне, в котором вода остается жидкой. Прямо как в сцене с тремя мисками каши в сказке про трех медведей – температура должна быть в самый раз. Когда у меня недавно брали интервью по этому поводу на одной новостной радиостанции, ведущий заметил: «Придется, наверное, искать планету, сделанную из овсянки!»

Конечно, расстояние до звезды – это важный фактор возникновения жизни в привычном для нас виде, однако есть и другие факторы, например, способность планеты поглощать излучение от звезд. Хрестоматийный пример этого парникового эффекта – Венера. Тот видимый солнечный свет, который умудряется пробиться сквозь ее густую атмосферу из углекислого газа, поглощается поверхностью Венеры и затем излучается заново в инфракрасной части спектра. Инфракрасное излучение, в свою очередь, «застревает» в атмосфере. У этого есть неприятные последствия: температура воздуха на Венере составляет примерно 500 °С, что гораздо больше, чем можно было бы заключить, зная только расстояние от Венеры до Солнца. При такой температуре мгновенно плавится даже свинец.

Гораздо более вероятно обнаружить где-нибудь во Вселенной простые, неразумные живые организмы, – и это, по-моему, было бы почти такой же сенсацией, как и встреча с разумными инопланетянами. У нас поблизости есть два места, где такое очень и очень вероятно: это пересохшие русла марсианских рек, где могут оказаться ископаемые остатки живых существ, обитавших там в те времена, когда реки были полны воды, и океаны, которые теоретически залегают под толстой корой льда на Европе, спутнике Юпитера. И снова цель нашего поиска определяется потенциальным наличием воды в жидком виде.

Кроме того, часто считают, что необходимое условие для эволюции

жизни на планете требует, чтобы планета находилась на устойчивой, почти круглой орбите вокруг одиночной звезды. В системах с двойными и множественными звездами – а это почти половина всех «звезд» в галактике, – орбиты планет сильно вытянуты и хаотичны, а это чревато огромными колебаниями температур, что препятствует устойчивой эволюции живых организмов.

Кроме того, мы требуем, чтобы на эволюцию было отведено достаточно времени. Массивные звезды живут настолько мало – всего несколько миллионов лет, – что жизнь на планете вроде Земли, которая вращается вокруг такой звезды, просто не успела бы развиться.

Как мы уже знаем, набор условий для возникновения и сохранения жизни в привычном для нас виде входит в уравнение для примерной оценки вероятности контакта с внеземной жизнью – в так называемое уравнение Дрейка, названное в честь американского астронома Фрэнка Дрейка. Уравнение Дрейка лучше считать плодотворной идеей, а не универсальным и незыблемым физическим законом. Оно позволяет разбить общую вероятность обнаружить жизнь в галактике на набор более простых вероятностей, которые соответствуют нашим установкам и убеждениям по поводу того, какие условия нужны для возникновения жизни. В конечном итоге, от души поспорив с коллегами из-за численного значения каждого множителя в этом уравнении, можно получить оценку общего количества разумных, технологически развитых цивилизаций в галактике. В зависимости от степени предубежденности и от познаний в биологии, химии, небесной механике и астрофизике вы получите оценку как минимум от одной (мы, люди) до миллионов цивилизаций на Млечном Пути.

\* \* \*

Если подумать, какова вероятность, что среди технологически развитых живых организмов во Вселенной – даже если они встречаются крайне редко – мы можем считаться первобытными, то наилучший выход для нас – внимательно следить, не появятся ли сигналы, которые пошлют нам другие цивилизации, потому что посылать их гораздо дороже, чем получать. Развитая цивилизация предположительно обладает легким доступом к бесперебойному источнику энергии, например черпает ее из своей звезды. Именно такие цивилизации скорее будут посылать сигналы, чем получать. Поиски внеземного разума принимают различные

формы. В наши дни самый высокотехнологичный метод – это применение хитроумного электронного детектора, ультрасовременные модели которых отслеживают миллиарды радиоканалов в поисках сигнала, который выделится из космического шума. Когда и если нам удастся обнаружить внеземной разум, это радикально изменит отношение человечества к самому себе, а как именно – предсказать невозможно. Остается надеяться, что не все остальные цивилизации ведут себя так же, как мы, поскольку, если все будут только слушать, никто не примет никаких сигналов и мы коллективно придем к заключению, что никакой другой разумной жизни во Вселенной нет.

## Глава двадцать седьмая

### Наш радиопузырек

В самом начале фильма «Контакт», вышедшего в 1997 году, виртуальная камера в течение трех минут отплывает от Земли куда-то далеко-далеко во Вселенную. Зрителя во время этого путешествия снабжают приемником, который позволяет расшифровывать теле- и радиоитрансляционные сигналы с Земли, которые уходят в космос. Сначала слышишь какофоническую смесь громкого рока и выпусков новостей, треск статических разрядов, как будто включили десяток радиостанций одновременно. Камера удаляется в космос, и вы перехватываете более ранние трансляции, которые успели уйти дальше; какофония сглаживается, передачи, которые вы слышите, явно старше, речь идет об исторических событиях, произошедших за всю современную эпоху развития цивилизации. В этом шуме – в обратном порядке – слышны радиоотчеты о катастрофе «Челленджера» в январе 1986 года и о высадке на Луне 20 июля 1969 года, знаменитая речь Мартина Лютера Кинга «У меня есть мечта», которую он произнес 28 августа 1963 года, речь президента Кеннеди на инаугурации 20 января 1961 года, обращение к Конгрессу президента Рузвельта 8 декабря 1941 года, где он потребовал объявить войну, и выступление Адольфа Гитлера в 1933 году, когда он пришел к власти в фашистской Германии. И вот наконец человеческая составляющая в радиошуме исчезает совсем, и остается лишь гул, испускаемый самим космосом.

Очень трогательно. Однако этот свиток акустических вех на самом деле разворачивался бы не так, как в фильме. Если бы вам каким-то образом удалось нарушить сразу несколько законов физики и путешествовать с такой скоростью, чтобы обогнать радиоволну, вы не разобрали бы ни слова, поскольку все было бы слышно задом наперед. Более того – знаменитую речь Кинга мы слышим на уровне Юпитера, то есть предполагается, что трансляция добралась как раз дотуда. На самом деле речь Кинга миновала Юпитер через 39 минут после того, как он ее произнес.

Если пренебречь всеми фактами, из-за которых такой стремительный полет становится невозможным, начальная сцена «Контакта» очень поэтична и производит сильное впечатление, поскольку наглядно показывает, в какой степени галактика Млечный Путь осознает присутствие нашей цивилизации. Этот «радиопузырек», как его стали

называть, исходит из Земли и распространяется во все стороны со скоростью света, пополняясь современными трансляциями. Сейчас наш пузырек разошелся в пространство почти на 100 световых лет, и передний его край соответствует первым искусственным радиосигналам, которые сгенерировали земляне. Объем пузырька охватывает на настоящему времени около тысячи звезд, в том числе Альфу Центавра (до нее 4,3 световых года) – ближайшую к Солнцу звездную систему, Сириус (10 световых лет), самую яркую звезду на ночном небе, и все звезды, вокруг которых на сегодняшний день обнаружены планеты.

\* \* \*

Не все радиосигналы попадают за пределы атмосферы. Свойства плазмы в ионосфере Земли – выше 60 километров – позволяют ей отражать все радиочастоты ниже 20 мегагерц обратно на Землю, благодаря чему, собственно, становятся возможны некоторые формы радиосвязи, например, удается распространять широкоизвестные коротковолновые частоты радиоловительских передач на тысячи километров, далеко за горизонт. Все вещательные частоты АМ-радио тоже отражаются обратно на Землю, и поэтому такие станции и слышны на больших расстояниях.

Если передать сигнал с частотой, которая не соответствует диапазону, отражаемому ионосферой Земли, или если бы у Земли не было ионосферы, радиосигналы доходили бы только до тех приемников, которые были бы «в зоне видимости» от передатчика. Если поставить передатчик на крышу высокого здания, это даст ему большое преимущество. Для человека ростом 1 метр 75 сантиметров горизонт находится всего в 5 километрах, а Кинг-Конг, взобравшись на Эмпайр-Стейт-Билдинг в Нью-Йорке, увидит окрестности в радиусе 80 километров. В 1933 году, после того, как сняли этот классический блокбастер, там поставили радиоантенну. В принципе, на расстоянии в 80 километров можно было бы поставить антенну-приемник той же высоты, и тогда сигнал мог покрывать их совокупную зону охвата, увеличив дистанцию, на которую распространяется сигнал, до 160 километров.

Ни FM-волны, ни телетрансляционные сигналы – подмножество радиоспектра – ионосфера не отражает. Они, как и положено, распространяются вдоль поверхности Земли не дальше, чем на расстояние до самого далекого приемника в зоне видимости, поэтому города, расположенные друг от друга относительно близко, могут транслировать

собственные телевизионные программы. Поэтому местные телеканалы и FM-радиостанции не могут быть такими же влиятельными и авторитетными, как AM-радио, что, возможно, и объясняет его склонность к острым политическим дебатам. Однако не исключено, что подлинное влияние телевидения и FM-радио распространяется отнюдь не на Землю. Хотя по большей части сигнал направлен горизонтально по поверхности Земли, что вполне целесообразно, часть сигнала утекает вверх, проходит атмосферу и улетает в космос. Такой сигнал не знает преград. В отличие от некоторых других полос в электромагнитном диапазоне, радиосигнал беспрепятственно пронизывает газ и облака пыли в межзвездном пространстве, поэтому и звезды радиоволнам не преграда.

Если сложить все факторы, которые отвечают за силу «радиоотпечатка» Земли, – общее количество станций, их распределение по земной поверхности, диапазон, в котором транслируется энергия, – окажется, что за основной поток радиосигналов от Земли, которые можно зарегистрировать извне, отвечает телевидение. Анатомия трансляционного сигнала состоит из толстой и тощей части. Тощая, то есть узкополосная, часть – это сигнал, несущий изображения, передающий изображение, через который транслируется больше половины всей энергии. Хотя этот сигнал занимает полосу шириной всего в 0,1 герц, он обеспечивает положение станции на шкале (всем знакомые телеканалы с 2-го по 13-й), а также само существование сигнала. Низкоинтенсивный широкополосный сигнал шириной в 5 мегагерц окружает несущую изображения на более высоких и более низких частотах и насыщен модуляциями, которые содержат всю информацию из программы.

\* \* \*

Как вы, должно быть, догадываетесь, главный поставщик телевизионных трансляций среди всех стран на Земле – это США. Инопланетная цивилизация, которая решила бы нас подслушать, прежде всего услышала бы наши сильные сигналы на частоте, несущей изображения. Если бы после этого она стала слушать дальше, то заметила бы периодические доплеровские сдвиги в этих сигналах (сдвиги из низких частот в сторону более высоких и обратно) каждые 24 часа. Затем она заметила бы, что сигнал становится за тот же период времени то слабее, то сильнее. Сначала инопланетяне решили бы, что это загадочный природный радиоисточник, который просто вращается и то

появляется, то пропадает. Однако если бы им удалось расшифровать модуляции в окружающем несущую изображения частоту широкополосном сигнале, они тут же получили бы доступ к важным аспектам нашей культуры.

Электромагнитные волны, в том числе не только радиоволны, но и видимый свет, не требуют для распространения какой-либо среды. Более того, они лучше всего чувствуют себя в космическом вакууме. Поэтому надпись «Прямой эфир», которая, как всем известно, загорается в радиостудиях, – это, в сущности, полная ерунда: лучше уж писать «Прямой вакуум», что было бы особенно справедливо по отношению к космическим беглянкам – телевизионным и FM-частотам.

Удаляясь в космос, сигналы постепенно слабеют – они рассеиваются в возрастающем объеме пространства, по которому расходятся. В конце концов сигналы безнадежно сливаются с фоновым радиошумом Вселенной, который складывается из шума, который генерируют радиоизлучающие галактики, реликтового микроволнового излучения, областей звездообразования на Млечном Пути – оттуда тоже исходит сильный радиошум – и космических лучей. Уже сами по себе эти факторы сильно снижают вероятность того, что далекая цивилизация расшифрует наши сигналы и познакомится с нашим образом жизни.

При нынешнем потоке трансляции с Земли инопланетянам, живущим от нас в ста световых годах, чтобы уловить несущую изображения с какой-нибудь телевизионной станции, понадобится радиоприемник с собирающей поверхностью в 15 раз больше, чем у самого большого на свете 300-метрового радиотелескопа обсерватории Аресибо. Если они захотят расшифровать информацию из наших телепрограмм и, следовательно, узнать что-то о нашей культуре, им придется скомпенсировать доплеровские сдвиги, вызванные вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца (тогда они смогут выделить сигнал с какой-то одной телестанции) и повысить чувствительность своего приемника еще в 10 000 раз по сравнению с той, которая позволит зарегистрировать несущую. С точки зрения радиометрии это потребует, чтобы диаметр зеркала телескопа был примерно в 400 раз больше диаметра телескопа в Аресибо – то есть 120 километров.

Если технологически развитые инопланетяне и в самом деле перехватывают наши сигналы (вооружившись соответственно большим и чувствительным телескопом) и еще и умудряются декодировать модуляции, то основы нашей культуры наверняка приводят тамошних антропологов в ступор. Узнав, что мы – планета-радиопередатчик,

инопланетяне прежде всего перехватят первые эпизоды телепрограммы для детей «Хауди Дуди». Разобравшись, что нужно слушать, они сделают выводы о взаимоотношениях между рядовыми самцами и самками на основании эпизодов из «Новобрачных» Джеки Глизона и перипетий «Санта-Барбары». Образчиками нашего уровня интеллекта станут для них герои «Я люблю Люси» и «Все в семье». Если у исследователей не опустятся руки и они решат подождать еще несколько лет, то обогатятся знаниями о человеческом общении на примере «Друзей» и «Санта-Барбары», а потом – Джорджа Джефферсона из «Джефферсонов». Пройдет еще несколько лет, и их знания углубятся благодаря странноватым персонажам из «Сайнфилда» и, разумеется, величайшему мультсериалу «Симпсоны». Глубин мудрости «Бивиса и Баттхеда» они окажутся лишены, поскольку этот сериал показывали только по кабельным каналам MTV. В свое время это были самые популярные телепередачи, и каждую из них не раз и не два повторяли с начала и до конца, в результате чего их воздействию подверглось несколько поколений.

А к массе наших излюбленных сериалов будут примешаны десятилетия новостных репортажей о кровавых войнах во Вьетнаме и в Персидском заливе и о других горячих точках по всей планете. Полувековая эпоха телевидения заставит инопланетян волей-неволей решить, что в большинстве своем люди – невротичные, кровожадные и бестолковые идиоты.

\* \* \*

В нашу эпоху кабельного телевидения даже трансляционные сигналы, которые могли бы уйти в атмосферу, доставляются по проводам прямо к нам домой. Наверное, скоро настанет время, когда телевидение вообще откажется от трансляций, и тогда прильнувшие к голубым экранам инопланетяне решат, что наше племя вымерло.

Впрочем, к лучшему или нет, но телевидение может оказаться не единственным сигналом с Земли, который расшифруют инопланетяне. Каждый раз, когда мы общаемся со своими астронавтами или налаживаем связь с космическими аппаратами, все сигналы, которые не попадают в приемник космического судна, навеки теряются в космосе. Благодаря современным методам сжатия сигнала эффективность подобной связи заметно повысилась. Главное в нашу цифровую эпоху – это байты в секунду. Стоит выдумать хороший алгоритм, который сжимает сигнал в 10 раз,

и можно наладить связь в 10 раз эффективнее, если, конечно, человек или машина на том конце знают, как расшифровать сжатый сигнал. Современные примеры программ для сжатия сигнала – это программы, которые создают для вашего компьютера аудиозаписи в формате MP3, изображения в формате JPEG и кино в формате MPEG, что дает вам возможность быстро передавать файлы и не так сильно захламлять жесткий диск.

Единственный радиосигнал, который невозможно сжать, – это сигнал, содержащий совершенно случайную информацию, то есть неотличимый от радиошума. Из этого, в частности, следует, что чем больше сжимаешь сигнал, тем более случайным он покажется тому, кто его перехватит. Что все это значит? Если культура достигла достаточного технологического прогресса и знает, как экономить усилия, ее сигналы (безо всяких кабельных передач) вполне могут полностью исчезнуть с космической доски объявлений.

С момента изобретения и широкого распространения электрических лампочек человечество создало еще и пузырек из видимого света. Спектр нашего ночного излучения также постепенно менялся – от желтоватого сияния вольфрамовой спирали до огней неоновых вывесок и рекламных щитов и света газоразрядных натриевых ламп, которые в последнее время стали часто использовать для освещения улиц. Однако, если не считать морзянки, которую передают при помощи фонарей с судовых палуб, мы обычно не распространяем сигналы по воздуху посредством видимого света, поэтому наш видимый пузырек не такой интересный. К тому же, его безнадежно затмевает сияние Солнца.

\* \* \*

Чем давать инопланетянам подслушивать диалоги из наших телесериалов, за которые становится стыдно, можно, казалось бы, отправить им тот сигнал, который мы сами выберем, продемонстрировать, какие мы умные, утонченные и миролюбивые. Это уже делалось – сначала в виде пластинок с золотой гравировкой, прикрепленных к бортам четырех беспилотных космических аппаратов «Пионер-10», «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2». На каждой пластине изображены пиктограммы, отражающие основы наших научных знаний и наше положение в галактике Млечный Путь, а на пластинках «Вояджер» – еще и сведения о том, какая наша раса добросердечная. Эти космические

суда рассекают межпланетное пространство со скоростью 80 000 километров в час, превосходящей скорость, которая позволяет вырваться за пределы Солнечной системы, и это, конечно, очень быстро. Однако по сравнению со скоростью света они движутся до смешного медленно и доберутся до ближайших звезд лишь через 100 000 лет. Это наш «звездолетный пузырь». Ждать результатов нам с вами, пожалуй, не стоит.

Чтобы наладить связь, гораздо лучше отправить интенсивный радиосигнал в какое-нибудь оживленное место в галактике, например, в звездное скопление. Это и было сделано в 1976 году, когда радиотелескоп обсерватории Аресибо использовали для обратного действия – не как приемник, а как передатчик, – и отправили с его помощью в космос первый радиосигнал, который мы выбрали сами. Сейчас, когда я пишу эти строки, отправленное тогда послание находится от Земли уже в 30 световых годах и направляется в сторону красивого шаровидного звездного скопления под названием М13 в созвездии Геркулес. В этом сообщении в цифровом виде зашифрованы те же сведения, что и на пластинах на бортах «Пионеров» и «Вояджеров». Однако есть две сложности. Во-первых, шаровидное скопление так набито звездами – их там по меньшей мере полмиллиона, – и им так тесно, что орбиты планет, скорее всего, нестабильны, поскольку гравитационная верность планеты своей звезде оказывается под угрозой при каждом проходе системы через центр скопления. Во-вторых, в этом скоплении так мало тяжелых элементов, из которых состоят планеты, что планеты там вообще, вероятно, редкость. В те времена, когда послание было отправлено, эти научные тонкости были еще недостаточно известны и изучены.

Так или иначе, передний край наших «преднамеренных» радиосигналов, которые охватывают не пузырек, а скорее конус, находится сейчас в 30 световых годах от нас, и если инопланетяне перехватят его, то, возможно, подправят наш образ, сложившийся на основании радиопузырька из наших телепередач. Но это произойдет лишь при том условии, что инопланетяне так или иначе определят, какой вид сигнала ближе к нашему истинному облику и какой космической репутации мы заслуживаем.

## **Часть V**

### **Когда Вселенная переходит на темную сторону**

*Как и почему космос хочет нас убить*

## Глава двадцать восьмая

### Хаос в Солнечной системе

Наука тем и отличается от всех прочих человеческих начинаний, что позволяет предсказывать грядущие события, причем довольно точно. Из ежедневных газет зачастую можно узнать даты предстоящих фаз Луны или время завтрашнего восхода Солнца. Однако там обычно не печатают «новости будущего» вроде цен на Нью-Йоркской фондовой бирже при ее закрытии в ближайший понедельник или сообщение о крушении авиалайнера в следующий вторник. Общественность интуитивно, если не в явном виде, понимает, что наука делает предсказания, однако будет удивлена, когда узнает, что иногда наука предсказывает, что то или иное явление непредсказуемо. Такова сущность хаоса. И такова эволюция Солнечной системы в будущем.

Несомненно, хаос в Солнечной системе очень огорчил бы немецкого астронома Иоганна Кеплера, который подарил человечеству первые предсказательные законы физики, увидевшие свет в 1609 и 1619 годах. Опираясь на формулу, которую он вывел эмпирически из положения планет на небе, он смог предсказать среднее расстояние между каждой планетой и Солнцем на основании всего лишь знаний о периоде времени, за который эта планета совершает полный оборот вокруг Солнца. В «Началах» Исаака Ньютона, опубликованных в 1687 году, был сформулирован закон всемирного тяготения, из которого можно вывести все законы Кеплера. Несмотря на то, что закон тяготения тут же стяжал заслуженную славу, Ньютон все же тревожился из-за того, что рано или поздно солнечная система может прийти в полный беспорядок. С типичной для него прозорливостью Ньютон писал в Книге III пересмотренного издания своей «Оптики», которое увидело свет вскоре после его кончины, в 1730 году:

Планеты движутся одним и тем же образом по концентрическим Орбитам, и при этом ожидаются некоторые незначительные Неправильности, которые могут возникнуть из-за взаимодействия... Планет друг с другом, и которые будут способны увеличиваться, пока системе не понадобится Преобразование.

*(Newton 1730, p. 402)*

Ньютон сделал вывод, что Господу, по всей видимости, приходится время от времени вмешиваться и все подправлять. Об этом мы еще поговорим в части VII. Знаменитый французский математик и один из основателей современной динамики Пьер-Симон Лаплас придерживался противоположного мировоззрения. В своем пятитомном труде «Трактат о небесной механике» («Traité de mécanique céleste», 1799–1825) он выражал уверенность, что Вселенная стабильна и полностью предсказуема. Позднее Лаплас писал в своих «Философских заметках о вероятности» (1814):

При всех силах, которые движут природой... нет ничего неопределенного, и глазам [наблюдателя] будущее открыто точно так же, как и прошлое.

*(Laplace 1995, Chap. II, p. 3)*

На взгляд того, кто вооружен лишь карандашом и бумагой, Солнечная система и в самом деле стабильна. Однако в век суперкомпьютеров, когда все уже привыкли, что можно выполнять миллиарды операций в секунду, ученые просчитывают модели развития Солнечной системы на сотни миллионов лет вперед. И какой благодарности, спрашивается, мы дождемся за то, что так прекрасно разбираемся в механизмах Вселенной? Что мы получим в награду?

Хаос.

Если вложить проверенные временем физические законы в компьютерные модели грядущей эволюции Солнечной системы, получится хаос. Впрочем, хаос поднимает голову и в других дисциплинах – например в метеорологии, при изучении экосистем с участием хищников и их добычи и практически везде, где есть сложные сильно взаимодействующие системы.

Чтобы понять, как именно хаос возникает в Солнечной системе, нужно сначала осознать, что различие в положении двух тел, которое принято называть расстоянием, – это всего лишь одно из множества различий, которые можно вычислить. Два тела могут отличаться друг от друга и энергией, и размером и формой орбиты, и ее наклоном. Поэтому можно расширить понятие расстояния и включить в него и разницу между телами по другим перечисленным переменным величинам. Например, два тела, которые в данный момент находятся рядом друг с другом

в пространстве, могут вращаться по орбитам совсем разной формы. Тогда расширенное понятие расстояния покажет нам, что на самом деле эти два тела сильно разделены.

Понять, что такое хаос и когда он начинается, обычно можно с помощью двух компьютерных моделей, которые во всем идентичны, кроме того, что в самом начале между ними есть крошечное различие. Например, в одной из двух моделей Солнечной системы Земля по вашей воле чуть-чуть задерживается на орбите, потому что сталкивается с небольшим метеором. Теперь мы уже вооружились знаниями и можем задать простой вопрос: каково «расстояние» между двумя почти идентичными моделями? Расстояние может оставаться постоянным, колебаться и даже возрастать. Если расстояние между двумя моделями возрастает по экспоненте, это происходит потому, что мелкие различия между ними со временем увеличиваются, что на корню подрывает способность исследователя предсказывать будущее. В некоторых случаях тот или иной объект просто вышвыривается из Солнечной системы навсегда.

Это верный признак хаоса.

Если имеет место хаос, то надежно предсказать, к чему приведет эволюция системы в далеком будущем, практически *невозможно*.

Первыми соображениями по поводу природы хаоса мы обязаны Александру Михайловичу Ляпунову (1857–1918), русскому математику и инженеру-механику. Его докторская диссертация «Общая задача об устойчивости движения» (1892) и по сей день считается классическим научным трудом. Со времен Ньютона все были уверены, что вычислить точную траекторию двух тел в замкнутой системе, которые вращаются друг вокруг друга по орбите – например двойной звезды, – можно всегда. Никакой нестабильности. Но стоит включить в этот танец другие тела, как орбиты становятся все сложнее и сложнее и все больше и больше зависят от тонкостей первоначальных условий. А у нас тут, в Солнечной системе, девять планет, семьдесят с лишним спутников, астероиды и кометы. Казалось бы, куда уж сложнее, но это только начало. Орбиты небесных тел в Солнечной системе зависят еще и от того, что Солнце ежесекундно теряет 4 миллиона тонн вещества в ходе термоядерного синтеза в его недрах. Вещество превращается в энергию, которая затем покидает поверхность Солнца в виде света. Кроме того, Солнце теряет массу, поскольку испускает солнечный ветер – постоянный поток заряженных частиц. К тому же, Солнечная система ощущает притяжение звезд, которые время от времени проходят неподалеку при своем

регулярном движении по орбитам вокруг центра нашей Галактики.

Чтобы оценить, какую задачу приходится решать тому, кто собрался изучить динамику Солнечной системы, вспомните, что уравнения движения позволяют вычислить совокупную силу гравитации, которая действует на тело в каждый данный момент со стороны всех известных объектов в Солнечной системе и вне ее. Если знать, какая сила действует на каждый объект, можно (на компьютере) подтолкнуть все эти объекты в том направлении, в каком они должны двигаться. Однако теперь сила, воздействующая на каждое тело в Солнечной системе, меняется, поскольку все сдвинулось. Поэтому придется пересчитать все силы и снова все подвинуть. Это происходит на протяжении всей работы с моделью, что в некоторых случаях требует триллионов таких сдвигов. И если проделать все эти вычисления – или им подобные, – поведение Солнечной системы станет хаотичным. Когда пройдет примерно 5 миллионов лет для внутренних планет земной группы (это Меркурий, Венера, Земля и Марс) и около 20 миллионов лет для внешних газовых гигантов (Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна), произвольно маленькие «расстояния» между первоначальными условиями заметно возрастут. А если проследить согласно модели, что произойдет через 100–200 миллионов лет, то мы окончательно утратим способность предсказывать траектории планет.

Это, конечно, плохо. Рассмотрим такой пример. Задержка Земли на орбите, которая возникает из-за запуска одного-единственного космического аппарата, способна так повлиять на наше будущее, что примерно через 200 миллионов лет Земля сместится на орбите вокруг Солнца почти на 60 градусов. Если речь идет об отдаленном будущем, можно, в принципе, и не знать точно, в какой точке орбиты будет находиться Земля, это вполне невинное заблуждение. Однако, когда мы понимаем, что астероиды из одного семейства орбит могут хаотически мигрировать в другое семейство орбит, становится уже не по себе. Если астероиды способны мигрировать, а Земля окажется в какой-то точке орбиты, которую мы не в состоянии предсказать, значит, рассчитывать риск столкновения с крупным астероидом, которое может привести к гибели всего живого на планете, нам удастся лишь до некоторого предела.

Так что же, надо делать космические аппараты из более легких материалов? Или вовсе отказаться от космической программы? Надо ли волноваться из-за того, что Солнце теряет массу? Надо ли тревожиться, что поскольку Земля продирается через межпланетный мусор, на нее каждый день налипают тысячи тонн метеоритной пыли? Или всем нам

нужно перебраться на одно полушарие и одновременно подпрыгнуть? Нет, всего этого нам не нужно. Отдаленные последствия мелких отклонений все равно потонут в море надвигающегося хаоса. В некоторых случаях незнание перед лицом хаоса идет лишь на пользу.

Возможно, скептик и решит, что непредсказуемость сложных динамических систем в долгосрочной перспективе на самом деле лишь результат накопления погрешностей при вычислениях либо какой-то особенности компьютерной микросхемы или программы. Однако, если бы такое предположение было верно, компьютерные системы предсказывали бы хаос и в системах из двух тел. Но этого не происходит. И если убрать из модели Солнечной системы Уран и повторить все те же вычисления для газовых гигантов, никакого хаоса не последует. Еще одна проверка модели – это моделирование динамики Плутона, у орбиты которого высокий эксцентриситет и поистине позорный крен. В сущности, поведение Плутона – это такой благовоспитанный хаос: маленькие «расстояния» между начальными условиями тоже приводят к непредсказуемому набору траекторий, однако сам по себе набор этот ограничен. Но главное в другом: разные исследователи на разных компьютерах при помощи разных методов вычислений вывели примерно одни и те же сроки зарождения хаоса в долгосрочной эволюции Солнечной системы.

Мы изучаем долгосрочное поведение Солнечной системы не только потому, что эгоистически стремимся избежать вымирания. Располагая всесторонней моделью эволюции, специалисты по динамике могут вернуться в прошлое и исследовать историю Солнечной системы, когда даже личный состав планет и тот, вероятно, был совсем не таким, как сегодня. Например, планеты, которые возникли при рождении Солнечной системы 5 миллиардов лет назад, вполне могли быть впоследствии выброшены за ее пределы. Более того, начинали мы с нескольких десятков планет, а не с восьми, и большинство из них оказались вышвырнуты в межзвездное пространство, словно чертик из коробочки.

В последние 400 лет мы проделали огромный путь – от полного непонимания закономерностей движения планет до уверенности, что мы не сможем предсказать эволюцию Солнечной системы в необозримом будущем. Это пиррова победа в нашей бесконечной борьбе за понимание устройства Вселенной.

## Глава двадцать девятая

### Гравитационные соблазны

Чтобы услышать страшные прогнозы о гибели всего сущего из-за столкновения с астероидами-убийцами, далеко ходить не приходится. И это хорошо, поскольку почти все, что вы видели, читали или слышали, – истинная правда.

Вероятность, что на моем или на вашем надгробии напишут «Погиб от попадания метеорита», примерно такая же, как и «Погиб в авиакатастрофе». Однако за последние 400 лет от падения метеоритов погибло человек двадцать, а за сравнительно краткую историю пассажирских авиаперевозок число жертв авиакатастроф составляет тысячи. Неужели в этой сравнительной статистике нет противоречия? Как такое может быть? Очень просто. Данные о падениях метеоритов говорят, что за период в 10 миллионов лет – именно за это время во всех авиакатастрофах погибнет миллиард человек (если считать, что в авиакатастрофах погибает в среднем 100 человек в год), – скорее всего, в Землю врежется астероид, у которого хватит энергии, чтобы убить миллиард человек. Правильно понимать эту статистику мешает то обстоятельство, что в авиакатастрофах погибает по несколько человек за раз, а астероид, вероятно, не убьет никого и за несколько миллионов лет. Зато уж когда он попадет в Землю, то унесет жизни нескольких сотен миллионов человек сразу и еще несколько сотен миллионов – в результате последующих глобальных климатических катастроф.

На ранних этапах существования Солнечной системы кометы и астероиды бомбардировали ее с устрашающей частотой. Теории и модели формирования планет показывают, что химически обогащенный газ конденсируется, создает молекулы, потом частички пыли, потом камни и лед. А потом начинается настоящая бомбежка. Столкновения помогают химическим и гравитационным силам связывать более мелкие объекты в более крупные. У тех объектов, которые по случайности набрали массу немного больше среднего, и гравитация немного больше, поэтому они еще сильнее притягивают другие объекты. Набор массы – ученые называют его аккрецией – продолжается, в конце концов гравитация превращает глыбы в шары, и рождаются планеты. У самых массивных планет гравитации хватает на то, чтобы сохранять газовую оболочку. Все планеты продолжают набирать массу до конца дней своих, просто темп аккреции со временем становится гораздо меньше, чем в период формирования.

И все же на самой периферии Солнечной системы – на расстоянии до тысячи раз больше, чем расстояние до Плутона – остаются миллиарды, а вероятно, даже триллионы комет, чувствительных к гравитационным толчкам от проходящих мимо звезд и межзвездных облаков, которые отправляют кометы в долгое путешествие вовнутрь системы, к Солнцу. Кроме того, в число строительного мусора после возникновения Солнечной системы входят и кометы с коротким периодом, несколько десятков которых, как мы знаем, пересекают орбиту Земли. И несколько тысяч астероидов, как известно, тоже.

Слово «аккреция» звучит не так весело, как «столкновение, в результате которого вымирают биологические виды и разрушаются экосистемы». Но с точки зрения истории Солнечной системы это одно и то же. Нельзя одновременно радоваться, что живешь на планете, радоваться, что твоя планета богата химическими соединениями, радоваться, что ты не динозавр, и при этом дуться из-за риска катастрофы всепланетного масштаба.

Энергия от падения на Землю метеоритов отчасти гасится в нашей атмосфере – уходит на трение и на ударную волну в воздухе. Грохот при переходе через звуковой барьер – это тоже ударная волна, но обычно его производят самолеты, летящие со скоростью от одной до трех скоростей звука. Самое страшное, что может сделать такая ударная волна, – это задребезжать посудой в буфете. Но когда скорость достигает 70 000 километров в час, то есть превышает скорость звука примерно в семьдесят раз, ударная волна от столкновения небольшого астероида с Землей может привести к страшным последствиям.

Если астероид или комета достаточно велики и их собственная ударная волна их не разрушит, то вся оставшаяся энергия окажется направлена на поверхность Земли – и произойдет взрыв, от которого почва расплавится и образуется кратер диаметром раз в двадцать больше самого астероида. Если на Землю упадет много астероидов с небольшими промежутками, то земная поверхность не успеет остыть в промежутке между ударами. Изучение древних кратеров на поверхности Луны – нашей ближайшей космической соседки – говорит нам, что примерно 4,6–4,0 миллиарда лет назад Земля пережила эпоху сильнейшей бомбардировки. А возраст древнейших ископаемых останков живых организмов на Земле – примерно 3,8 миллиардов лет. Незадолго до этого поверхность Земли подвергалась непрерывной стерилизации, что препятствовало возникновению сложных молекул, а следовательно, и жизни. Это, конечно, плохо, – но надо учесть, что при этом на Землю

бесперебойно доставлялись необходимые ингредиенты.

Сколько времени требуется, чтобы зародилась жизнь? Обычно говорят, что 800 миллионов лет (4,6 миллиардов – 3,8 миллиарда = 800 миллионов). Однако, если по-честному принять во внимание данные органической химии, надо сначала вычесть все то время, на протяжении которого поверхность Земли была так раскалена, что ни о каких органических молекулах не было и речи. И тогда на то, чтобы из первобытного бульона, богатого химическими соединениями, возникла жизнь, останется всего 200 миллионов лет. А этот бульон, как полагается всякому нормальному бульону, был приготовлен на воде.

Да-да. Та самая вода, которую вы пьете каждый день, попала на Землю отчасти благодаря кометам, упавшим 4 миллиарда лет назад. Однако не весь космический мусор родился во время формирования Солнечной системы. На Землю по меньшей мере десятком раз попадали каменные обломки с Марса – и куда большее число раз обломки с Луны. Эти обломки получают, когда у метеоритов, которые падают на небесное тело, энергии столько, что более мелкие каменные глыбы, оказавшиеся поблизости от места падения, выбивает вверх со скоростью, которой хватает на то, чтобы преодолеть притяжение планеты. После этого каменные глыбы сами регулируют собственную баллистику на орбите вокруг Солнца, пока не врежутся еще во что-нибудь. Самый знаменитый марсианский метеорит – это первый, который в 1984 году был обнаружен в районе гор Алан Хиллс в Антарктиде. Официальное его название – аббревиатура, которая выглядит загадочно, но на самом деле совершенно логична: ALH-84001. Так вот, при изучении этого метеорита были получены очень соблазнительные, но все же косвенные данные, что миллиард лет назад на красной планете кишмя кишела простейшая жизнь. А совсем недавно марсоходы «Спирит» и «Оппортьюнити» обнаружили минералы и породы, которые могли образоваться только в присутствии стоячей воды.

Поскольку жизнь в том виде, в каком мы ее знаем, не может обойтись без жидкой воды, гипотеза о вероятном появлении жизни на Марсе совсем не противоречит научной точке зрения. Самое интересное начинается, когда задумываешься, не могло ли быть так, что жизнь зародилась сначала на Марсе, а потом ее вышвырнуло с поверхности красной планеты – и первые бактериальные астронавты в Солнечной системе очутились на Земле и запустили на ней эволюцию. У этого процесса есть даже ученое название – «панспермия». Не исключено, что все мы – потомки марсиан.

Гораздо вероятнее, что вещество перемещалось именно с Марса

на Землю, а не наоборот. Чтобы вырваться из гравитационных уз Земли, нужно более чем в два с половиной раза больше энергии, чем для того, чтобы покинуть Марс. Более того, атмосфера Земли примерно в сто раз плотнее. Соппротивление воздуха на Земле по сравнению с марсианским просто чудовищное. В общем, это должны были быть очень выносливые бактерии – ведь им ко всему прочему пришлось бы пережить несколько миллионов лет межпланетных странствий, прежде чем добраться до Земли. К счастью, на Земле нет недостатка ни в жидкой воде, ни в разнообразных химических соединениях, поэтому для объяснения происхождения жизни на нашей планете в привычном для нас виде не обязательны теории панспермии. С одной оговоркой: такого объяснения у нас до сих пор нет.

Как ни парадоксально, в основных эпизодах вымирания, известных по ископаемым останкам, мы вполне можем винить именно падение метеоритов, более того, их мы и виним. Однако каков риск для жизни и общества в наши дни? Ниже вы увидите таблицу, где приведена средняя частота столкновений Земли с метеоритами и астероидами, размер этих метеоритов и астероидов и энергия столкновения в тротиловом эквиваленте. Для справки я включил в таблицу столбец, где за единицу энергии столкновения взята та атомная бомба, которую США сбросили на Хиросиму в 1945 году. Эти данные я взял из диаграммы, которую составил в 1992 году Дэвид Моррисон из НАСА.

Таблица основана на тщательном анализе истории кратеров, оставшихся на Земле после падения метеоритов, а также кратеров на поверхности Луны, не подверженных эрозии, и на том, что мы знаем количество астероидов и комет, чьи орбиты пересекаются с орбитами Земли.

Раз в...	Диаметр астероида или метеорита (метры)	Энергия столкновения (мегатонны тротила)	Энергия столкновения (атомные бомбы)
Месяц	3	0,001	0,05
Год	6	0,01	0,5
Десятилетие	15	0,2	10
Столетие	30	2	100
Тысячелетие	100	50	2500
10 000 лет	200	1000	50 000
1 000 000 лет	2000	1 000 000	50 000 000
100 000 000 лет	10 000	100 000 000	5 000 000 000

По таблице можно найти энергетику некоторых знаменитых метеоритов. Например, взрыв метеорита возле сибирской реки Тунгуски в 1908 году повалил тысячи квадратных километров тайги и выжег 300 квадратных километров вокруг эпицентра. Считается, что тогда на Землю упал каменный метеорит диаметром 60 метров (размером примерно с двадцатиэтажный дом), который взорвался в воздухе и поэтому не оставил кратера. Судя по таблице, столкновения подобного масштаба должны происходить в среднем раз в двести лет. Двухсоткилометровый кратер Чиксулуб на полуострове Юкатан в Мексике, как полагают ученые, – визитная карточка десятикилометрового астероида. Энергия удара была приблизительно в 5 миллионов раз больше, чем от взрывов атомных бомб во время Второй Мировой войны, и по расчетам подобные столкновения происходят примерно один раз в 100 миллионов лет. Возраст кратера – около 65 миллионов лет, и с тех пор подобных катастроф еще не было. По странному совпадению, примерно в то же время вымерли тиранозавр и его приятели, благодаря чему, собственно, млекопитающие и получили возможность эволюционировать в нечто более честолюбивое, чем землеройка.

Те геологи и палеонтологи, которые упорно отрицают роль космических катастроф в истории исчезновения некоторых биологических видов на Земле, должны найти какое-то другое применение огромному количеству энергии, попадающему на Землю из космоса. Правда, само

количество энергии от попадания на Землю метеорита может быть разным, и его значения варьируются в поистине астрономических масштабах. В обзоре метеоритной опасности для Земли, написанном для толстой книги «Hazards Due to Comets and Asteroids» («Опасности, связанные с кометами и астероидами», Gehrels 1994), Дэвид Моррисон из Эймсовского исследовательского центра НАСА, Кларк Р. Чепмен из Планетологического института США и Пол Словик из Университета штата Орегон кратко описывают, каковы могут быть последствия нежелательных энергетических вбросов для экосистемы Земли. Их соображения я и привожу здесь в несколько упрощенном виде.

Большинство метеоритов, энергия которых меньше 10 мегатонн, взрываются в атмосфере и не оставляют ни следа кратера. Те немногие, которые остаются целы, скорее всего, богаты железом.

Железный метеорит с энергией от 10 до 100 мегатонн оставит кратер, а его каменный эквивалент развалится, и это приведет к серии взрывов, в основном в воздухе. Если такой метеорит упадет на поверхность Земли, то разрушит территорию, равную площади города Вашингтона.

При падении на земную поверхность метеоритов с энергией от 1000 до 10 000 мегатонн опять же остаются кратеры; если метеорит попадет в океан, это вызовет значительные приливные волны. При падении на сушу будет разрушена территория размером со штат Делавэр.

Если на Землю упадет метеорит с энергией 100 000–1 000 000 мегатонн, это приведет к поражению озонового слоя в масштабах всей планеты; если он попадет в океан, это вызовет гигантские волны, которые скажутся на целом полушарии, а если на сушу – поднимет в стратосферу столько пыли, что климат Земли изменится, а посевы замерзнут. При падении на Землю такой метеорит разрушит территорию размером с Францию.

Падение метеорита с энергией 10–100 миллионов мегатонн приведет к долгосрочным климатическим катаклизмам и к пожарам в масштабах всей планеты. Падение на поверхность уничтожит территорию, равную континентальной территории США.

Падение на поверхность или в океан метеорита с энергией 100 000 000–1 000 000 000 мегатонн приведет к массовому вымиранию того же масштаба, что и падение метеорита, оставившего кратер Чиксулуб 65 миллионов лет назад, когда с лица Земли были внезапно стерты почти 70 % всех биологических

видов.

К счастью, у нас есть возможность заносить в каталог все астероиды

крупнее километра из числа тех, орбиты которых пересекаются с орбитой Земли: именно начиная с такого размера можно опасаться глобальной катастрофы. Создать систему раннего предупреждения и защиты рода человеческого от астероидной опасности – вполне реалистичная цель, и именно это и рекомендовано в документе НАСА «Spaceguard Survey Report» и – хотите верить, хотите нет, – это находится под пристальным наблюдением Конгресса США. К сожалению, объекты меньше километра не отражают достаточно света, чтобы их можно было надежно регистрировать и отслеживать. Они могут врезаться в нас безо всякого предупреждения, а если и предупредят, то у нас не хватит времени, чтобы хоть что-то предпринять. Правда, не все так плохо: хотя у них хватит энергии, чтобы устроить локальную катастрофу и выжечь целую страну, все человечество из-за них точно не вымрет.

Земля, разумеется, не единственная каменная планета, которой грозит опасность столкнуться с астероидом. Поверхность Меркурия вся изрыта кратерами, на взгляд непосвященного он очень похож на Луну. Недавние радиотопографические исследования закутанной в облака Венеры также показали, что на ней много кратеров. А на Марсе, на котором когда-то шли очень активные геологические процессы, есть большие кратеры, которые сформировались совсем недавно.

Юпитер более чем в триста раз массивнее Земли и более чем в десять раз больше в диаметре, поэтому никто в Солнечной системе не может тягаться с ним в способности притягивать кометы и астероиды. В 1994 году на той неделе, когда праздновалась двадцать пятая годовщина посадки «Аполлона-11» на Луну, комета Шумейкеров-Леви 9, распавшаяся на два десятка обломков в результате взаимодействия с Юпитером во время предыдущего прохода мимо него, угодила по частям в его атмосферу. Газовые «шрамы» были заметны с Земли даже в любительские телескопы. Поскольку Юпитер быстро вращается – один оборот за 10 часов – разные части кометы попали в разные участки вращающейся атмосферы. Кстати, если вам интересно, каждый обломок кометы нес с собой столько же энергии, сколько и метеорит, оставивший кратер Чиксулуб. И теперь, хотя мы еще очень многого не знаем о Юпитере, одно можно утверждать наверняка: динозавров там точно не осталось!

Ископаемые остатки на Земле изобилуют вымершими видами, организмами, которые прожили в покое и процветании гораздо дольше общего стажа, набранного *Homo sapiens* на сегодняшний день. В этом списке есть и динозавры. Как же нам защититься от чудовищных энергетических зарядов из космоса? Боевой клич тех, кому хочется найти

применение ядерным боеголовкам, раз уж никакой ядерной войны никто не ведет, – «Разбомбим их прямо в небе!» Конечно, ядерное оружие – это и правда самый мощный заряд разрушительной энергии, придуманный человеком. Прямое попадание в надвигающийся астероид, пожалуй, может разбить его на мелкие кусочки, что смягчит удар, и вместо глобальной катастрофы получится безвредный, хотя и зрелищный метеоритный дождь. Обратите внимание, что в пустом пространстве, где нет воздуха, нет и ударных волн, поэтому ядерная боеголовка, чтобы разрушить астероид, должна вступить в с ним в непосредственный контакт.

Есть и другой метод: задействовать нейтронные бомбы, испускающие мощное излучение (напомню, что это именно те бомбы, которые убивают людей, но оставляют нетронутыми здания), тогда высокоэнергичная нейтронная ванна разогреет одну сторону астероида до такой температуры, что вещество, из которого он состоит, резко расширится, и это вытолкнет астероид с траектории столкновения. Более деликатный и вежливый способ – отклонить астероид в сторону при помощи неспешной, но постоянной ракетной бомбардировки, которая каким-то образом будет нацелена в одну его сторону. Если заняться этим заблаговременно, то потребуется всего лишь небольшой толчок при помощи ракет на обычном химическом топливе. Если бы мы составили каталог всех до единого объектов размером километр и больше, орбиты которых пересекают земную, то смогли бы при помощи тщательных компьютерных расчетов предсказывать катастрофические столкновения за сотни и даже тысячи оборотов по орбите, в отдаленном будущем, так что землянам хватило бы времени, чтобы наладить соответствующую оборону. Однако наш список потенциально смертоносных объектов прискорбно неполон, а предсказывать поведение объектов через миллионы и миллиарды оборотов по орбите нам сильно мешает хаос.

Самая страшная порода небесных тел, участвующих в этих гравитационных играх, – это, безусловно, долгопериодические кометы, то есть, по общепринятой классификации, те, период которых превышает 200 лет. Это примерно четверть общего количества объектов, с которыми Земля рискует столкнуться; они попадают во внутреннюю часть Солнечной системы с огромных расстояний и при приближении к Земле достигают скоростей свыше 150 000 километров в час. Следовательно, долгопериодические кометы набирают куда больше энергии для своих габаритов, чем какой-нибудь прилудный астероид. А главное – они на протяжении почти всей орбиты такие тусклые, что их невозможно отследить. К тому времени, как мы поймем, что на нас летит

долгопериодическая комета, у нас, вероятно, останется совсем немного времени, от нескольких месяцев до двух лет, чтобы финансировать, разработать, построить и запустить какое-то устройство для ее перехвата.

Например, комета Хякутакэ была обнаружена в 1996 году всего за четыре месяца до того момента, когда она подошла ближе всего к Солнцу, поскольку ее орбита была сильно наклонена относительно плоскости Солнечной системы и проходила именно там, куда никто не смотрел. По пути комета Хякутакэ прошла в 15 миллионах километров от Земли (почти попала!) и была прекрасно видна в ночном небе.

Кстати, внесите в ежедневник: в пятницу 13 апреля 2029 года астероид такого размера, что он впишется в стадион «Роуз-Боул», словно яйцо в подставку, подлетит к Земле на такое расстояние, что поднырнет под наши спутники связи. Мы решили не называть его «Бэмби». Он получил имя Апофис в честь египетского бога мрака и смерти. Если траектория Апофиса при приближении к Земле пройдет в определенном диапазоне высоты, называемом «замочная скважина», влияние земной гравитации на его орбиту будет таково, что гарантирует прямое столкновение с Землей при следующем проходе – семь лет спустя, в 2036 году, – и тогда Апофис упадет в Тихий океан между Калифорнией и Гавайями. Возникшее в результате цунами сотрет с лица Земли все Западное побережье Северной Америки, потопит Гавайи и опустошит всю территорию Тихоокеанского хребта. Если же Апофис в 2029 году промахнется мимо замочной скважины, то в 2036 году нам, разумеется, можно будет ничего не опасаться<sup>[5]</sup>.

Так надо ли нам создавать высокотехнологичные снаряды, чтобы они сидели в своих шахтах и ждали, когда их призовут на защиту человечества? Сначала нам нужна подробная перепись орбит всех объектов, представляющих риск для Земли. На всем белом свете этим занимается всего несколько десятков человек. Кстати, на какой срок имеет смысл наладить оборону Земли? Если люди когда-нибудь вымрут из-за катастрофического столкновения с астероидом, это будет величайшая трагедия в истории Вселенной. И не только потому, что у нас не хватило мозгов, чтобы защитить себя, но и потому, что у нас не хватило прозорливости. Биологический вид, который сменит нас на постапокалиптической Земле, будет, наверное, дивиться, глядя на наши скелеты в витринах своих музеев естествознания, почему же большеголовый *Homo sapiens* оказался ничуть не умнее динозавров, у которых мозги были буквально с горошину.

## Глава тридцатая

### Концы света

Бывают времена, когда все кругом только и трещат о том, когда настанет конец света и каким он будет. Иногда сценарий оказывается знакомым, иногда нет. В СМИ обычно обсуждают всевозможные губительные инфекции, ядерную войну, столкновения с кометами и астероидами, загрязнение окружающей среды. Сценарии эти совсем разные, однако вполне могут привести к гибели человека как биологического вида на Земле (и заодно нескольких других избранных видов).

Разумеется, всевозможные приевшиеся лозунги вроде «Берегите Землю» на самом деле призывают к тому, чтобы мы берегли не саму планету, а жизнь на ней. Однако правда состоит в том, что погубить Землю людям не под силу. Наша планета останется на своей орбите вокруг Солнца, как и другие ее сестры-планеты, и тогда, когда вид *Homo sapiens* давно уже вымрет по той или иной причине.

При этом почти никто не говорит о сценариях конца света, которые на самом деле ставят под угрозу положение нашей планеты с благоприятным климатом на стабильной орбите вокруг Солнца. Я предлагаю подобные прогнозы не потому, что считаю, будто люди успеют столкнуться с подобным развитием событий до того, как вымрут, а потому, что могу их рассчитать при помощи астрофизического инструментария. Первые три апокалиптических сценария, которые приходят на ум, – это гибель Солнца, возможное столкновение галактики Млечный Путь с галактикой Андромеда и гибель Вселенной, по поводу которой в астрофизическом сообществе в последнее время достигнуто определенное согласие.

Компьютерные модели эволюции звезд сродни актуарным таблицам, какими пользуются в страховых компаниях. Из них следует, что ожидаемая продолжительность жизни нашего Солнца – целых 10 миллиардов лет. Поскольку на сегодня возраст Солнца, по оценкам, составляет около 5 миллиардов лет, нашу звезду ждет еще 5 миллиардов лет относительно стабильной выработки энергии. Если к этому времени мы не придумаем, куда деваться с Земли, то сможем пронаблюдать, как Солнце истощит свои запасы топлива. И станем свидетелями значительного, пусть и печального, события в жизни звезды.

Своей стабильностью Солнце обязано тому, что в его недрах при температуре в 15 миллионов градусов идет устойчивый термоядерный

синтез водорода в гелий. Гравитация, которая хочет, чтобы звезда схлопнулась под своим весом, уравновешена направленным вовне давлением газа, которое поддерживается термоядерной реакцией. Более 90 % атомов в Солнце – это атомы водорода, но нам важны только те из них, которые находятся в его горячем и плотном ядре. Когда там выгорит весь водород, останется всего лишь шар из атомов гелия, которым для того, чтобы перегореть в более тяжелые элементы, нужна температура даже большая, чем водороду. Когда центральный двигатель временно отключится, Солнце выйдет из равновесия. Гравитация победит, внутренние области звезды схлопнутся, температура в центре поднимется до 100 миллионов градусов, и запустится синтез углерода из гелия. При этом светимость Солнца, фигурально выражаясь, взлетит до небес, и это заставит внешние слои чудовищно раздуться, так что Солнце поглотит орбиты Меркурия и Венеры. Затем Солнце разрастется так, что займет весь небосвод – при расширении оно захватит и орбиту Земли тоже. Температура на земной поверхности будет подниматься, пока не сравняется с температурой внешних слоев расширяющегося Солнца и не достигнет отметки в 3000 градусов. Океаны сначала вскипят, а потом полностью испарятся в межпланетное пространство. При этом испарится и жаркая атмосфера. И Земля превратится в раскаленный докрасна уголек, вращающийся глубоко под внешними газовыми слоями Солнца. Газ замедлит движение Земли по орбите и заставит ее устремиться по смертоносной спирали прямо в солнечное ядро. При спуске туда из-за быстро повышающейся температуры солнечного вещества Земля быстро испарится, и исчезнут все ее следы. Вскоре после этого термоядерная реакция в недрах Солнца окончательно остановится, Солнце утратит тонкую газовую оболочку, в которой еще сохранятся рассеянные земные атомы, и из-под нее покажется мертвое ядро.

Впрочем, нам-то какое дело. Задолго до того, как этот сценарий воплотится в жизнь, мы наверняка вымерем по какой-нибудь другой причине.

\* \* \*

Вскоре после того, как Солнце затерроризирует Землю, у Млечного Пути начнутся свои сложности. Из сотен тысяч галактик, скорости которых относительно Млечного Пути удалось надежно измерить, лишь несколько движутся в нашу сторону, а остальные – от нас со скоростью, прямо

пропорциональной расстоянию от нас. То, что галактики по большей части удаляются от нас, открыл в двадцатые годы прошлого века Эдвин Хаббл, в честь которого назван Космический телескоп им. Хаббла, и это наблюдение считается доказательством, что наша Вселенная расширяется. Млечный Путь и галактика Андромеда, в которой несколько сотен миллиардов звезд, находятся друг от друга так близко, что расширение Вселенной пренебрежимо мало влияет на их относительное движение. Так сложилось, что Андромеда и Млечный Путь дрейфуют друг к другу со скоростью около 100 километров в секунду, то есть треть миллиона километров в час. Если наша Галактика движется в сторону медленно (а этого мы точно не знаем), то разделяющие нас 2,4 миллиона световых лет примерно через 7 миллиардов лет сократятся до нуля.

Межзвездное пространство такое пустое и просторное, что нам нечего тревожиться, как бы какая-нибудь звезда из Андромеды случайно не врезалась в Солнце. При встрече двух галактик – а с безопасного расстояния зрелище будет потрясающее – звезды, скорее всего, пройдут друг мимо друга. Однако без неприятностей не обойдется. Некоторые звезды из Андромеды могут зарулить слишком близко к нашей Солнечной системе и повлиять на орбиты планет, а также сотен миллиардов комет, которые обитают во внешней части Солнечной системы. В частности, появление поблизости посторонних звезд – серьезное испытание для гравитационной верности небесных тел. Компьютерные модели обычно показывают, что незваные гости либо украдут планеты – этакий мимолетный в буквальном смысле слова грабеж, – либо сорвут их с орбит и вышвырнут в межпланетное пространство.

Помните, как придирчиво относилась к чужой каше Златовласка в части IV? Если Землю похитит своими гравитационными узами другая звезда, нет никакой гарантии, что новая орбита окажется на нужном расстоянии, чтобы на поверхности Земли сохранялась жидкая вода, а в наши дни все согласны, что это необходимое условие поддержания жизни в привычном для нас виде. Если Земля окажется на слишком близкой орбите, вода быстро испарится. А если на слишком далекой, запас воды замерзнет.

Если благодаря каким-то чудесам технического прогресса будущие обитатели Земли умудрятся продлить жизнь Солнца, эти усилия пойдут насмарку, когда Землю вышвырнет в холодные пучины космоса. В отсутствие близлежащего источника энергии поверхность Земли быстро остынет значительно ниже нуля по Цельсию. Наша драгоценная атмосфера из азота и кислорода и других газов сначала станет жидкой, затем

прольется на поверхность и замерзнет, покрыв Землю подобием глазури на сферическом торте. Мы замерзнем насмерть прежде, чем у нас появится шанс умереть от голода. Последними живыми организмами, которые сохранятся на Земле, будут те привилегированные виды, которые в результате эволюции полагаются не на энергию Солнца, а на слабые (какими они станут тогда) геотермальные и геохимические ресурсы и обитают глубоко под поверхностью, в трещинах и разломах земной коры. Пока что люди среди них не значатся.

Избежать подобной участи можно разве что если заведешь гиперпространственные двигатели – и, подобно улитке, покидающей раковину, или раку-отшельнику, отправишься искать где-нибудь на просторах Галактики другую планету, которую назовешь своим домом.

\* \* \*

Сколько ни строй гиперпространственные двигатели, от судьбы всего космоса не уйдешь: гибель Вселенной невозможно отсрочить и тем более отменить. Где бы ты ни спрятался, все равно ты часть Вселенной, которая неумолимо катится к финалу – причем довольно странному.

Самые свежие, самые надежные данные о плотности вещества и энергии в космосе и о темпе расширения Вселенной показывают, что у нас билет в один конец: совокупная гравитация всего вещества на свете не способна остановить и обратить вспять расширение Вселенной. Самая удачная модель Вселенной и ее происхождения сочетает концепцию Большого Взрыва с современным пониманием гравитации, выведенным из общей теории относительности Эйнштейна. Как мы увидим в части VII, вскоре после рождения Вселенная представляла собой бурлящий океан вещества, смешанного с энергией, а ее температура достигала триллиона градусов. За последующий период расширения в 14 миллиардов лет фоновая температура Вселенной упала всего до 2,7 градусов по абсолютной шкале (шкале Кельвина). А по мере дальнейшего расширения Вселенной эта температура будет все ближе к абсолютному нулю.

Такая низкая фоновая температура влияет на нас, землян, разве что косвенно, потому что наше Солнце в нормальных обстоятельствах обеспечивает нам покой и уют. Но по мере того, как из облаков межзвездного газа рождаются все новые поколения звезд, остается все меньше и меньше материала для следующих поколений. Рано или поздно драгоценные запасы межзвездного газа истощатся, что уже произошло

почти в половине галактик во Вселенной. Небольшая доля звезд с самой большой массой схлопнутся полностью, и больше мы их не увидим. Жизнь некоторых звезд завершается тем, что они взрываются и рассеивают свое вещество по всей галактике – происходит взрыв сверхновой. Тогда получается, что газ, из которого они состоят, отчасти возвращается во Вселенную и расходуется на следующее поколение. Однако большинство звезд, и в том числе Солнце, в конце концов просто израсходуют топливо у себя в недрах и, миновав фазу раздувшегося гиганта, схлопнутся и превратятся в компактный шар вещества, который излучает в холодную Вселенную свое жалкое остаточное тепло.

Краткий список звездных трупов всем, наверное, знаком: черные дыры, нейтронные звезды (пульсары) и белые карлики – все это тупиковые ветви на эволюционном древе звезд. Однако у них есть и кое-что общее: вещество, из которого они состоят, навсегда исключается из вселенского строительства. Иначе говоря, если звезды сгорают, а новых не появляется, во Вселенной в конце концов не останется ни одной живой звезды.

А как же Земля? Мы рассчитываем, что Солнце будет исправно изо дня в день поставлять нам энергию на поддержание жизни. Если мы лишимся и Солнца, и энергии от других звезд, все механические и химические процессы на Земле и в ее недрах, в том числе и жизнь, остановятся, словно незаведенные часы. В конце концов вся энергия движения израсходуется на трение, и температура по всей системе выровняется. Земля зависнет под беззвездным небом и окажется беззащитной перед холодом расширяющейся Вселенной. Температура на ней упадет – так остывает на подоконнике свежеспеченная шарлотка. Однако такая судьба ждет не только Землю. Когда пройдет много триллионов лет и ни одной звезды не останется, а все процессы во всех уголках Вселенной остановятся, все части Вселенной остынут до той же температуры, что и остывающий фон. К этому времени никакие межзвездные путешествия никого не спасут, поскольку замерзнет даже преисподняя. И тогда можно будет объявить, что Вселенная умерла – не с шумом и треском, а с тихим всхлипом.

## Глава тридцать первая

### Галактические двигатели

Галактики во многих отношениях – объекты феноменальные. Во-первых, это фундаментальные единицы организации видимой материи во Вселенной. Всего их насчитывается сотня миллиардов. В каждой из них упакованы сотни миллиардов звезд. Галактики бывают спиральные, эллиптические или неправильной формы. По большей части они светятся. Большинство летает в пространстве поодиночке, хотя некоторые в результате гравитационного взаимодействия вращаются парами, семейными группами, скоплениями и сверхскоплениями.

Галактики бывают самой разнообразной формы, что породило всевозможные классификации, обогащающие словарный запас астрофизиков. Одна из разновидностей – так называемая активная галактика, центр которой испускает необычно много энергии в одном или нескольких диапазонах. Именно в центре галактики и расположен галактический двигатель. Именно в центре галактики и расположена сверхмассивная черная дыра.

Список обитателей зоопарка активных галактик выглядит будто перечень призов для беспроигрышной лотереи: галактики с активным звездообразованием, лацертиды, сейфертовские галактики (I и II типа), блазары, N-галактики (от слова «nucleus» – ядро), LINER-галактики (от словосочетания «low-ionization nuclear emission-line region» – «ядро с эмиссионными линиями слабой ионизации»), инфракрасные галактики, радиогалактики и, разумеется, сливки общества активных галактик – квазары. Незаурядная светимость этих элитных галактик объясняется загадочной активностью в небольшой области, скрытой глубоко в их ядре.

Самые экзотичные из них – квазары, открытые в начале 60-х годов XX века. Среди них есть объекты со светимостью в тысячу раз больше, чем у нашей галактики Млечный Путь, однако энергию они черпают из области, которая вполне вписалась бы в орбиты планет нашей Солнечной системы. Любопытно, что поблизости от нас таких объектов нет. Ближайший находится на расстоянии примерно 1,5 миллиарда световых лет, то есть свет от него шел до нас через межзвездное пространство 1,5 миллиарда лет. А большинство квазаров расположены дальше 10 миллиардов световых лет. Поскольку квазары маленькие и находятся на огромном расстоянии, на фотографиях их невозможно отличить от точек, которые оставляют ближайšie звезды из нашей

собственной галактики Млечный Путь, так что при помощи оптического телескопа квазар не откроешь. Первые квазары открыли по данным наблюдений радиотелескопов. Поскольку звезды не испускают много радиоволн, было понятно, что объекты с сильным радиоизлучением – это что-то другое, притворяющееся звездой. Поскольку астрофизики придерживаются традиции «что вижу, то пою», они прозвали эти объекты «Quasi-Stellar Radio Sources» – «квазизвездные радиоисточники», а если коротко – квазары.

Что же это за птица – квазар?

Возможности описать и понять какое-то новое явление всегда ограничены преобладающим научно-техническим инструментарием. Если бы к нам ненадолго занесло человека XVIII столетия, он, вернувшись, описывал бы автомобиль как карету без лошади, а лампочку – как свечку без пламени. Если ничего не знаешь о двигателях внутреннего сгорания и об электричестве, до подлинного понимания будет далеко. А теперь позвольте мне с этой оговоркой заявить, что мы, кажется, понимаем основные принципы устройства квазара. Согласно так называемой «стандартной модели» двигателями и квазаров, и всех активных галактик считаются черные дыры. Внутри горизонта событий – границы черной дыры во времени и пространстве – вещество так сконцентрировано, что для того, чтобы вырваться оттуда, нужна скорость больше скорости света. Поскольку быстрее света двигаться невозможно и это ограничение фундаментально, если попадаешь в черную дыру, то это навсегда – даже если состоишь из чистого света.

\* \* \*

Читатель вправе спросить, как это объект, не испускающий никакого света, может быть источником энергии для объекта, испускающего рекордное количество света во Вселенной? В конце 60-х и в 70-е годы астрофизики довольно быстро успели разобраться, что экзотические свойства черных дыр добавляют в арсенал теоретиков поистине поразительные инструменты. Согласно некоторым хорошо известным законам гравитационной физики, когда газообразное вещество устремляется в черную дыру, то прежде, чем опуститься за горизонт событий, оно разогревается и испускает интенсивное излучение. Энергию оно получает от почти безотходной переработки потенциальной энергии гравитации в тепло. Между прочим, преобразование потенциальной

энергии гравитации все мы наблюдали в обычной жизни на Земле, хотя не всегда понимали, что это такое. Если вам случилось уронить тарелку на пол и разбить ее, если вы когда-то сталкивали что-то с подоконника во двор и оно разбивалось вдребезги внизу, значит, вы понимаете, что такое потенциальная энергия гравитации и на что она способна. Проще говоря, это неприкосновенный запас энергии, которым тело обладает просто благодаря расстоянию от другого тела, о которое оно ударится, если упадет. Когда тело падает, то обычно набирает скорость. Но если что-то остановит падение, вся энергия, которую тело успело накопить, преобразуется в ту разновидность энергии, которая все ломает и разбивает. Именно поэтому у вас больше шансов погибнуть при прыжке с высокого здания, чем с низкого.

Если что-то мешает телу набрать скорость, однако оно продолжает падать, то преобразование потенциальной энергии происходит как-то иначе – обычно в тепло. Это наглядно видно на примере того, как нагреваются космические корабли и метеоры, когда входят в атмосферу Земли: им хочется набрать скорость, но мешает сопротивление воздуха. Английский физик XIX века Джеймс Джоуль поставил опыт, ставший знаменитым: он придумал устройство, которое размещивало воду в емкости, вращая лопасти энергией опускающихся грузов. Потенциальная энергия грузов передавалась воде и успешно повышала ее температуру. Вот как Джоуль описывал, что у него получилось:

Лопасть двигалась в емкости с водой, преодолевая сильное сопротивление, так что грузы (по четыре фунта каждый) опускались медленно – со скоростью около фута в секунду. Блоки находились на высоте двенадцати ярдов от земли, а следовательно, когда грузы опускались до самого низа, их требовалось поднимать обратно, чтобы возобновить движение лопастей. Когда эта операция была повторена шестнадцать раз, при помощи весьма чувствительного и точного термометра было зарегистрировано повышение температуры воды. ... Из этого я могу заключить, что получено доказательство наличия эквивалентных отношений между теплом и обычными видами механической мощности... Если мои представления верны, то температура реки Ниагары из-за падения с высоты 160 футов поднимается примерно на одну пятую градуса.

*(Shamos 1959, p. 170)*

Речь в мысленном эксперименте Джоуля идет, само собой, о великом Ниагарском водопаде. Но если бы он знал о существовании черных дыр, то, пожалуй, сказал бы: «Если мои представления верны, то температура газа, устремившегося к черной дыре, поднимается на миллион градусов в результате падения с высоты в миллиард миль».

\* \* \*

Как вы, вероятно, уже догадались, черные дыры с аппетитом заглатывают и звезды, подобравшиеся слишком близко. Парадокс галактических двигателей состоит в том, что черные дыры, чтобы светиться, должны есть. Тайна топлива для галактических двигателей состоит в том, что черная дыра способна безжалостно и с наслаждением разрывать звезды в клочки еще до того, как те достигнут горизонта событий. Приливные силы гравитации черной дыры вытягивают шарообразные в нормальных обстоятельствах звезды примерно так же, как приливные силы Луны вытягивают земные океаны, отчего и возникают приливы и отливы. Газ, который прежде был частью звезд, а может быть, находился внутри обычных газовых облаков, не может просто набрать скорость и упасть в черную дыру, поскольку газ уже разодранный в клочья звезд мешает безоглядному свободному падению. А что в результате? Потенциальная энергия звезды, находящейся в гравитационном поле, преобразуется в огромное количество тепла и излучения. И чем больше гравитация цели, тем больше запас гравитационной потенциальной энергии, которую можно преобразовать.

Покойный Жерар де Вокулер, великолепный специалист по морфологии галактик, задумавшись о том, как стремительно растет количество терминов для описания диковинных галактик, поспешил напомнить астрономическому сообществу, что автомобиль, пострадавший в аварии, не становится автомобилем другой марки (de Vaucouleurs 1983). Философия автокатастроф привела к созданию стандартной модели активных галактик, которая позволила по большей части унифицировать весь этот зоопарк. В этой модели много всевозможных гибких параметров, которые объясняют почти все основные наблюдаемые черты галактик. Например, газ, устремляющийся в черную дыру, прежде чем попасть за горизонт событий, часто образует непрозрачный вращающийся диск. Если направленный наружу поток излучения не может проникнуть за диск уплотнившегося газа, излучение оказывается направлено вверх и вниз

от диска, и за счет истекающего вещества и излучения возникает колоссальная реактивная тяга. Наблюдаемые свойства такой галактики будут разными в зависимости от того, куда направлен реактивный выброс, на вас или в сторону, и от того, как движется испускаемый материал – медленно или с околосветовой скоростью. На то, как диск выглядит, влияет его плотность и химический состав, а также темп поглощения звезд.

Чтобы прокормить здоровый квазар, нужно, чтобы его черная дыра заглатывала до десяти звезд в год. Другие, не такие активные галактики из нашего балаганчика растерзывают в год гораздо меньше звезд. Светимость некоторых квазаров меняется день ото дня и даже час от часа. Позвольте удивить вас и объяснить, почему это так необычно. Если бы активная часть квазара была размером с Млечный Путь (100 000 световых лет в поперечнике) и решила бы засветиться вся одновременно, то вы узнали бы об этом сначала по той стороне галактики, которая расположена к вам ближе, а потом, через 100 000 лет, до вас дошел бы и свет с дальней стороны галактики. То есть вам потребовалось бы 100 000 лет только на то, чтобы пронаблюдать, как весь квазар светится одновременно. Чтобы яркость квазара колебалась в пределах нескольких часов, габариты его двигателя не должны превышать несколько световых часов. А сколько это? Примерно с Солнечную систему.

Если провести тщательный анализ колебаний интенсивности света во всех полосах спектра, можно сделать грубую, но информативную оценку трехмерной структуры вещества, окружающего активное ядро. Например, светимость в рентгеновском диапазоне может колебаться в пределах нескольких часов, а в диапазоне видимого красного света – в течение нескольких недель. Если вы сопоставите эти факты, то сделаете вывод, что часть активной галактики, которая испускает красный свет, значительно больше, чем часть, которая излучает в рентгеновском диапазоне. Это упражнение можно проделать для разных диапазонов света – и тогда получится на удивление полная общая картина всей системы.

Все это происходило в далеких квазарах вскоре после рождения Вселенной – а почему больше не происходит? Почему у нас под боком нет ни одного квазара? Может, у нас под носом таятся мертвые квазары, просто мы о них ничего не знаем?

Есть несколько хороших способов это объяснить. Самое очевидное объяснение – в ядрах соседних галактик кончились звезды, служившие топливом для галактических двигателей, поскольку все звезды, чьи орбиты проходили слишком близко к черной дыре, уже поглощены и образовался

вакуум. А без еды и никакой отрыжки не будет.

Более интересный механизм отключения галактических двигателей основан на том, что происходит с приливными силами по мере нарастания массы черной дыры (и расширения горизонта событий). Как мы увидим чуть дальше, приливные силы не имеют отношения к общему гравитационному воздействию на тело, главное – разница гравитации с разных его сторон, а чем ближе к центру, тем эта разница больше. Поэтому большие, сверхмассивные черные дыры на самом деле обеспечивают меньше приливных сил, чем маленькие черные дыры с небольшой массой. В этом нет никакого противоречия. Гравитационное воздействие Луны на Землю очень мало по сравнению с гравитацией Солнца, однако близость Луны позволяет ей оказывать гораздо более сильное приливное воздействие на нас с расстояния всего в 384 000 километров.

Значит, если черная дыра съест очень много, то ее горизонт событий разрастется до таких размеров, что его приливных сил уже не хватит на то, чтобы разорвать звезду. И тогда вся потенциальная энергия гравитации звезды преобразуется в скорость, и звезда, попав за горизонт событий, заглатывается целиком. Не будет никакого преобразования в тепло и излучение. Этот отсечной клапан запускается, когда черная дыра набирает массу примерно в миллиард масс Солнца.

Все это очень правдоподобные гипотезы, которые и в самом деле снабжают нас богатым арсеналом инструментов для объяснения происходящего. Единая картина предсказывает, что квазары и другие активные галактики – это просто начальные главы в жизни галактического ядра. Чтобы это подтвердилось, нужны изображения квазаров с особой экспозицией, на которых была бы видна неяркая размытая структура галактики вокруг ядра. Квазар настолько ярче окружающей галактики, что нужно применять особые фильтры, чтобы увидеть хоть что-нибудь кроме самого квазара. И в самом деле, почти все изображения с высоким разрешением показывают окружающий квазар «пух». Однако есть и несколько исключений – «голые» квазары, которые обманывают ожидания стандартной модели. А может быть, эти галактики просто невозможно рассмотреть, потому что не хватает чувствительности приборов.

Единая картина предсказывает также, что рано или поздно квазары сами себя отключают. В сущности, единая картина должна предсказывать это хотя бы потому, что поблизости от нас нет ни одного квазара. Но еще это означает, что черная дыра в ядре галактики – это обычное явление,

даже если ядро галактики неактивно. И в самом деле, список ближайших галактик, в ядрах которых затаились спящие сверхмассивные черные дыры, растет с каждым месяцем, и в него входит наш Млечный Путь. Их существование выдают сверхскорости, до которых разгоняются звезды, когда они приближаются (но не слишком) по своим орбитам к черной дыре.

Плодотворные научные модели – это всегда соблазнительно, но иногда нужно задаваться вопросом, почему, собственно, модель так плодотворна – потому что она описывает глубокие научные истины или потому, что в ее конструкцию входит много переменных, которые можно подстраивать таким образом, чтобы объяснить что угодно. Можно ли сказать, что мы уже достаточно поумнели, или нам просто не хватает какого-то инструмента, который изобретут или откроют завтра? Об этой дилемме очень хорошо написал английский физик Деннис Скьяма:

Если нам трудно построить подходящую модель определенного типа, значит, Природе это тоже трудно. Этот довод упускает из виду вероятность, что Природа умнее нас. И даже вероятность, что завтра мы можем стать умнее, чем сегодня.

*(Sciama 1971, p. 80)*

## Глава тридцать вторая

### Прихлопни их!

С тех самых пор, когда люди обнаружили кости вымерших динозавров, ученые высказывали самые разные предположения о том, куда подевались эти злополучные звери и почему так вышло. Может быть, глобальное потепление иссушило все доступные источники воды. Или вулканы покрыли всю землю слоем лавы и отравили воздух. А может, слишком много первых млекопитающих полюбили есть яйца динозавров на ужин. Или динозавры-мясоеды подъели всех динозавров-вегетарианцев. Или потребность в воде привела к массовым миграциям, отчего стремительно распространились инфекционные заболевания. А может быть, все дело было в изменении ландшафта из-за тектонических сдвигов.

У всех этих катастроф есть одна общая черта: ученые, которые выдвинули эту гипотезу, были очень хорошо приучены смотреть себе под ноги. Но есть и другие ученые, овладевшие искусством смотреть вверх, и они решили проследить связь между особенностями земной поверхности и визитами бродяг из дальнего космоса. Возможно, некоторые из этих особенностей возникли в результате падения метеоритов – например, кратер Барринджера, знаменитое углубление в виде глубокой тарелки в Аризонской пустыне. В пятидесятые годы XX века американский геолог Юджин М. Шумейкер и его сотрудники обнаружили там разновидность горной породы, которая формируется только при очень высоком давлении, пусть и в течение очень короткого времени, – именно такие условия создает стремительно движущийся метеорит. Геологи в конце концов пришли к согласию, что кратер получился именно в результате падения метеорита (теперь его иногда так и называют – «Метеоритный кратер»), и открытие Шумейкера воскресило к жизни концепцию катастрофизма, модную в XIX веке, – идею, что изменения в коре нашей планеты могли быть вызваны краткими, но мощными разрушительными воздействиями.

Едва открылся простор для спекуляций, как все заинтересовались, не могло ли получиться так, что и динозавры погибли от рук такого же метеорита-убийцы, только крупнее. Познакомьтесь, иридий – металл, который на Земле встречается редко, зато его часто находят в металлических метеоритах, а еще его подозрительно много в слое глины, возраст которой составляет 65 миллионов лет, и она встречается в самых разных местах по всему свету. Эта глина, датирующаяся примерно тем же временем, когда динозавры нас покинули, указывает на момент

преступления – конец мелового периода. А теперь познакомьтесь, кратер Чиксулуб – вмятина диаметром 200 километров на краю мексиканского полуострова Юкатан. Ему тоже около 65 миллионов лет. Компьютерные модели изменений климата ясно показывают, что любой удар, оставивший по себе этот кратер, выбросил в стратосферу такой огромный кусок земной коры, что неминуемо вызвал климатическую катастрофу. Чего еще желать? У нас есть и преступник, и дымящийся пистолет, и признание.

Дело закрыто.

Правда?

Нельзя прекращать научные изыскания только потому, что, видимо, найдено разумное объяснение. Некоторые геологи и палеонтологи скептически относятся к тому, чтобы назначать главным виновным в вымирании динозавров метеорит, после которого остался кратер Чиксулуб, и вообще в чем-то его подозревать. Кое-кто считает, что метеорит упал задолго до исчезновения динозавров. Более того, именно в те времена на Земле наблюдалась сильная вулканическая активность. Кроме того, по Земле прокатывались и другие волны вымирания, не оставившие никаких визитных карточек в виде кратеров и редких космических металлов. И не все плохое, что прилетает из космоса, оставляет кратеры. Иногда метеориты взрываются в воздухе и не добираются до земной поверхности.

Так что же кроме падения метеоритов уготовил для нас неумный космос? Что еще может наслать на нас Вселенная, чтобы жизнь на Земле быстро покатила под откос?

\* \* \*

Последние полмиллиарда лет на Земле отмечены несколькими эпизодами массового вымирания биологических видов в масштабах планеты. Самые крупные произошли в ордовикский период примерно 440 миллионов лет назад, в девонский – около 370 миллионов, в пермский – около 250 миллионов лет назад, в триасовый – около 210 миллионов лет назад и, само собой, в меловой – около 65 миллионов лет назад. Эпизоды массового вымирания меньшего масштаба тоже происходили на масштабах десятков миллионов лет.

Некоторые исследователи указывали, что заметный эпизод подобного рода происходит раз в 25 миллионов лет. Те, кто чаще смотрит в небо, чем под ноги, легко мирятся с явлениями, которые происходят через

длительные интервалы, поэтому астрофизики решили, что теперь наша очередь назвать имена подозреваемых в убийстве.

А давайте предположим, что у Солнца есть звезда-компаньон, тусклая и далекая, сказали некоторые в-небо-смотрящие в 80-е годы прошлого века. Давайте предположим, что период ее обращения по орбите составляет примерно 25 миллионов лет, а орбита очень вытянутая, так что почти все время эта звезда очень далеко от Земли и ее невозможно зарегистрировать. Такой компаньон, проходя по соседству с Солнечной системой, каждый раз выводил бы из равновесия далекие запасы комет, вращающиеся вокруг Солнца. Сонмища комет сходили бы со своих величественных и неспешных орбит на периферии Солнечной системы, и количество их падений на земную поверхность резко возросла бы.

Так появилась гипотеза Немезиды – так назвали эту гипотетическую звезду-убийцу. Затем провели анализ всех массовых вымираний, и его результаты убедили большинство специалистов, что время между катастрофами все же слишком разное, чтобы считать их и в самом деле периодическими. Однако несколько лет эта теория была в большой моде.

Гипотезы о смерти извне периодическими набегами звезды-убийцы не ограничились. Есть и другие популярные сценарии, например пандемии. Покойный английский астрофизик сэр Фред Хойл и его многолетний сотрудник Чандра Викрамасингх, который теперь работает в Кардиффском университете в Уэльсе, взвешивали вероятность, что Земля время от времени проходит через межзвездное облако, засеянное микроорганизмами, или получает подобным же образом зараженную пыль из хвоста пролетающей мимо кометы. Подобные встречи способны привести к стремительному распространению неизвестных заболеваний, предположили ученые. Хуже того, подобные гигантские облака и пылевые хвосты могут быть самыми настоящими убийцами, если несут в себе вирусы, способные заражать и уничтожать представителей самых разных видов. Чтобы подобная гипотеза была правдоподобной, нужно очень много натяжек, в частности, никто не понимает, как в межзвездном облаке может возникнуть и сохраниться нечто настолько сложное.

Хотите еще? Астрофизики навоображали поистине бесконечное множество вариантов разнообразных поразительных катастроф. Например, в данный момент галактика Млечный Путь и галактика Андромеда, наш, можно сказать, близнец, находящийся на расстоянии в 2,4 миллиона световых лет, падают друг другу в объятия. Как уже говорилось, примерно через 7 миллиардов лет они могут столкнуться, и это будет космический эквивалент крушения поездов. Газовые облака врежутся друг в друга,

звезды будет швырять туда-сюда. Если мимо промчится какая-то другая звезда и посягнет на нашу гравитационную верность Солнцу, нашу планету может вырвать из Солнечной системы, и мы останемся без крова во тьме.

Это было бы очень скверно.

Однако за 2 миллиарда лет до этого само Солнце раздуется и умрет от естественных причин, поглотив внутренние планеты, в том числе и Землю, и испарив все их вещество.

Это было бы еще хуже.

А если к нам слишком близко подберется непрошенная черная дыра, она с аппетитом слопаёт всю планету, но сначала перемелет ее в груды щебенки своими непреодолимыми приливными силами. Остатки будут протерты сквозь ткань пространства-времени, тонкой струйкой атомов устремятся за горизонт событий черной дыры прямо в ее сингулярность.

Однако за всю геологическую историю Земли не зарегистрировано никаких данных о встречах с черной дырой – никто ее не перемалывал и не лопал. А учитывая, что черных дыр по соседству почитай что и нет, думаю, мы вполне можем заняться более актуальными проблемами выживания.

\* \* \*

Вот, например, как вам понравится, если вас поджарит высокоэнергичное электромагнитное излучение и частицы, извергнутые в космическое пространство взорвавшейся звездой? Обычно звезды умирают мирно: просто отдают внешнюю газовую оболочку в межзвездное пространство, и все. Однако одна из тысячи – звезда с массой в семь-восемь масс Солнца – гибнет в результате мощного ослепительного взрыва, и это называется сверхновая. Если мы очутимся в пределах 30 световых лет от такой звезды, то получим смертельную дозу космических лучей – высокоэнергичных частиц, которые пронизывают пространство со скоростью, близкой к скорости света.

Первыми жертвами будут молекулы озона. Стратосферный озон ( $O_3$ ) обычно поглощает вредоносное ультрафиолетовое излучение Солнца. При этом излучение разбивает молекулу озона на атом кислорода ( $O$ ) и молекулу кислорода ( $O_2$ ). Высвободившиеся атомы кислорода могут объединиться с другими молекулами кислорода, и тогда снова получится озон. В обычной обстановке ультрафиолетовые солнечные лучи разрушают озон в атмосфере Земли в том же темпе, в каком он восполняется. Однако

мощная высокоэнергичная атака на нашу стратосферу разрушила бы озон слишком быстро, и всем нам понадобилось бы огромное количество солнцезащитного крема.

Едва первая волна космических лучей сорвет наш защитный слой, как ультрафиолетовое излучение Солнца беспрепятственно хлынет на поверхность Земли, расщепляя по пути молекулы кислорода и азота. Для птиц, животных и прочих обитателей поверхности и воздушного пространства Земли это будет большое огорчение. Свободные атомы кислорода легко объединяются со свободными атомами азота. При этом, в частности, получится диоксид азота, составная часть смога, который затемнит атмосферу и резко снизит температуру. От этого может наступить новый ледниковый период – несмотря на то, что ультрафиолетовые лучи будут постепенно стерилизовать земную поверхность.

\* \* \*

Однако ультрафиолет, которым стреляет во все стороны сверхновая, – сущий комариный укус по сравнению с гамма-лучами, которые испускает гиперновая.

По меньшей мере раз в день где-то во Вселенной происходит краткая вспышка гамма-излучения, самого высокоэнергичного излучения на свете, с энергией тысячи сверхновых. Гамма-всплески были случайно обнаружены в конце 60-х годов спутниками ВВС США, которые запускали, чтобы зарегистрировать излучение от секретных испытаний советского ядерного оружия, которые могли бы производиться в нарушение Московского договора 1963 года. А вместо этого спутники поймали сигналы самой Вселенной.

Поначалу никто не мог понять, что это за вспышки и на каком расстоянии от нас они происходят. Они не концентрировались в плоскости диска Млечного пути, а шли со всех сторон небосклона, иначе говоря, из всего космоса. При этом они совершенно точно происходили поблизости, по крайней мере, приблизительно в пределах поперечника галактики от нас. Иначе откуда бы взялась вся та энергия, которую мы регистрировали у себя на Земле?

В 1997 году итальянско-голландский орбитальный телескоп Беппо-Сакс сделал наблюдение, которое уладило все споры: гамма-вспышки – это внегалактические события на огромном расстоянии от нас, вызванные, вероятно, взрывами единичных сверхмассивных звезд и сопровождающие

рождение черной дыры. Телескоп поймал рентгеновское «послесвечение» вспышки GRB 970228, которая благодаря этому и прославилась. Однако оказалось, что рентгеновские лучи GRB 970228 имеют красное смещение. Это полезное свойство света и побочный эффект расширения Вселенной позволяет астрофизикам оценивать расстояния с большой точностью. Послесвечение GRB 970228, достигшее Земли 28 февраля 1997 года, прошло по пути к нам половину Вселенной, миллиарды световых лет. На следующий год астрофизик из Принстона Богдан Пачински ввел в обращение термин «гиперновая», чтобы описать источники подобных вспышек. Лично мне больше нравится вариант «супер-пупер-новая».

Гиперновая – это одна сверхновая на 100 000, которая вызывает гамма-вспышку и в считанные мгновения генерирует столько же энергии, сколько дало бы наше Солнце, если бы светило с нынешней интенсивностью триллион лет. Если исключить действие какого-то неизвестного закона физики, получить такую энергию можно лишь одним способом – направить всю энергию взрыва в один тонкий луч, примерно так же, как весь свет лампочки в фонарике при помощи параболического зеркала собирается в один яркий луч, направленный вперед. Если закачать всю мощь сверхновой в тонкий луч, то все, что попадет к нему по пути, подпадет под полномасштабный удар всей энергии взрыва. А все то, что не попадет к нему по пути, ни о чем даже не заподозрит. Чем уже луч, тем интенсивнее поток энергии и тем меньше обитателей Вселенной его заметят.

Что же порождает подобные лазероподобные гамма-лучи? Рассмотрим их источник – сверхмассивную звезду. Незадолго до гибели от истощения топлива звезда сбрасывает внешние слои. Получается просторная туманная оболочка, дополненная, вероятно, скоплениями газа, оставшимися от облака, из которого звезда когда-то родилась. Когда звезда в конце концов схлопывается и взрывается, высвобождается чудовищное количество вещества и обильные запасы энергии. Первый удар вещества и энергии приходится по слабым местам газовой оболочки, что позволяет всему веществу и энергии, которые следуют позади, устремиться в пробитую брешь. Компьютерные модели этого запутанного сценария показывают, что слабые места обычно находятся как раз над северным и южным полюсами первоначальной звезды. Если смотреть извне оболочки, видны два мощных луча, расходящиеся в противоположные стороны и направленные на все детекторы гамма-лучей (и те, которые ловят нарушения договоренностей, и все остальные), которые окажутся у них на пути.

Адриан Мелотт, астроном из Канзасского университета, и его междисциплинарная исследовательская группа утверждают, что ордовикское массовое вымирание вполне могло быть вызвано встречей лицом к лицу с близкой гамма-вспышкой. В то время вымерла четверть всех биологических семейств на Земле. А никаких свидетельств, что в то время на Землю упал метеорит, у нас нет.

\* \* \*

Как гласит пословица, у кого что болит, тот о том и говорит. Если ты специалист по метеоритам и задумался о том, почему вдруг вымер целый Ноев ковчег, то, очевидно, решишь, будто все дело в падении метеорита. Если ты пламенный вулканолог, все дело окажется в вулканах. Если ты увлекаешься космическими биооблаками, во всем повинен межзвездный вирус. А если специалист по гиперновым – гамма-лучи.

Кто бы ни был прав, одно бесспорно: случается, что целые ветви древа жизни отсыхают практически мгновенно.

Кто же выживает после подобных катастроф? Преимущество на стороне маленьких и кротких. Особенно хорошо держатся перед лицом опасности микробы. Но главное преимущество – способность жить там, где Солнце не светит: на дне океана, в трещинках камней под землей, в глине и почве лесов и полей. Выживает огромная подземная биомасса. Именно они унаследуют Землю – и не раз, не два и не три, тут сомневаться не приходится.

## Глава тридцать третья

### Гибель в черной дыре

Самая зрелищная смерть во Вселенной – это, конечно, падение в черную дыру. Где еще во Вселенной можно лишиться жизни из-за того, что тебя разорвало на атомы?

Черные дыры – это области пространства, где гравитация так сильна, что ткань пространства-времени искривляется и замыкается сама на себя, замуравив при этом все выходы. Можно сформулировать это и по-другому: чтобы вырваться из черной дыры, нужно развить скорость выше скорости света. А как мы видели в части III, свет в вакууме распространяется со скоростью ровно 299 792 458 метров в секунду, и это рекорд скорости во Вселенной. Если откуда-то не может вырваться свет, значит, и вы не сможете, – собственно, именно поэтому мы и называем черные дыры черными дырами.

От всех остальных объектов можно убежать, надо только развить нужную скорость. Скорость, позволяющая сбежать с Земли, – это всего 11 километров в секунду, поэтому свет свободно покидает ее, как и все остальное, запущенное со скоростью больше 11 километров в секунду. Сообщите, пожалуйста, всем, кто любит говорить, что, мол, если высоко занесешься, больно будет падать, что они заблуждаются: падать не обязательно.

Общая теория относительности, которую выдвинул Альберт Эйнштейн в 1916 году, позволяет разобраться в диковинной структуре пространства и времени под воздействием мощной гравитации. Дальнейшие исследования американского физика Джона А. Уилера и других помогли выработать как математический инструментарий, так и лексикон для описания и предсказания всего того, что вытворяет черная дыра со своим окружением. Например, точная граница между тем, откуда свет может вырваться и откуда уже нет, которая определяет, что останется во Вселенной, а что навеки канет в черную дыру, поэтично называется «горизонт событий». По всеобщей договоренности размером черной дыры считается размер ее горизонта событий: это величина, которую можно точно измерить и вычислить. Между тем вещество внутри горизонта событий схлопывается в крошечную точку в самом центре черной дыры. Поэтому черная дыра – это, строго говоря, не смертоносный объект, а смертоносная область пространства.

Давайте подробно разберем, что делает черная дыра с человеческим

телом, если оно оказывается самую чуточку ближе допустимого.

Если вы натолкнетесь на черную дыру и поймете, что «солдатиком» падаете в ее центр, то по мере приближения сила тяготения черной дыры будет астрономически возрастать. Интересно, что вы ее совсем не почувствуете, поскольку, как и любое тело в свободном падении, будете в невесомости. Зато почувствуете кое-что куда более грозное и зловещее. При падении сила тяготения, воздействующая на ваши ноги – поскольку они ближе к центру черной дыры – ускоряет их быстрее, чем более слабая сила тяготения, которая действует на вашу голову. Разница между ними официально называется приливной силой, которая резко возрастает по мере приближения к центру черной дыры. На Земле и в целом в космосе приливная сила, которая действует на ваш организм, совсем мала и остается незамеченной. Но при падении в черную дыру ногами вперед вы только приливные силы и заметите. Если бы вы были из резины, то всего-навсего растянулись бы. Но люди сделаны из других материалов – из мышц, костей и внутренних органов. Ваше тело останется целым до того мига, когда приливные силы превзойдут молекулярные связи. (Если бы черные дыры оказались в распоряжении инквизиции, то служили бы пыточным орудием почище дыбы.) Наступает мерзкий момент, когда ваше тело лопается пополам посередине. Оно падает дальше, разница в силе тяготения продолжает расти, и каждая из половин вашего тела тоже лопается пополам. Вскоре после этого каждый из сегментов тоже лопается пополам – так что кусков становится все больше: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 и так далее. А когда от вас останутся только обрывки органических молекул, растущие приливные силы начинают действовать и на них. В конце концов и они разрываются на части и образуют поток атомов, из которых состоят. А потом и атомы, само собой, тоже распадаются, и остается лишь нераспознаваемый поток частиц, которые всего несколько минут назад были вами.

Но это даже не самое плохое.

Все части вашего тела движутся к одной точке – к центру черной дыры. Так что вас не просто разрывает в клочки с ног до головы, но еще и продавливает сквозь ткань пространства-времени – словно зубную пасту выжимают из тюбика.

Так что ко всем синонимам, обозначающим различные способы умереть, – убийство, самоубийство, четвертование, удушение, утопление и прочая и прочая – мы добавляем новое слово: спагеттификация.

Когда черная дыра ест, ее диаметр растет прямо пропорционально массе. Если черная дыра, к примеру, съест столько, что ее масса утроится, то она станет в три раза шире. По этой причине черные дыры встречаются практически любых размеров, однако не все подвергнут вас спагеттификации, прежде чем вы пересечете горизонт событий. На такое способны только «маленькие» черные дыры. Почему? Чтобы обеспечить красивую живописную смерть, нужны приливные силы – и все. А приливные силы, как правило, тем больше, чем больше ваш размер по сравнению с расстоянием до центра объекта.

Приведу простой предельный случай. Если человек ростом метр восемьдесят, не склонный в целом к тому, чтобы разваливаться на части, падает ногами вперед на черную дыру радиусом метр восемьдесят, то на горизонте событий расстояние от центра черной дыры до его головы в два раза больше, чем до ног. А если черная дыра имеет радиус километр восемьсот метров, то ноги того же человека будут всего на десятую процента ближе к центру, чем голова, и разница в тяготении – приливная сила – будет соответственно мала.

Точно так же можно задаться простым вопросом: с какой скоростью меняется сила гравитации по мере приближения к объекту? Уравнения гравитации показывают, что чем ты ближе к центру объекта, тем быстрее меняется сила гравитации. Маленькие черные дыры позволяют приблизиться к центру задолго до того, как перейдешь горизонт событий, поэтом изменение гравитации на малых расстояниях действует на все, что туда падает, поистине сокрушительно.

Самая распространенная разновидность черной дыры содержит несколько масс Солнца, но все это плотно упаковано за горизонтом событий диаметром всего с десятков-полтора километров. Именно об этом и рассуждают астрономы в непринужденных беседах на эту тему. При падении на эту тварь ваше тело начнет разрываться еще за 150 километров от центра.

Есть и другая распространенная разновидность черной дыры – она достигает миллиардов масс Солнца и сидит за горизонтом событий размером почти со всю Солнечную систему. Именно такие черные дыры таятся в центрах галактик. Совокупная их гравитация поистине чудовищна, однако разница ее воздействия на голову и ноги поблизости от горизонта событий относительно мала. Более того, настолько мала, что за горизонт

событий вы, скорее всего, упадете целиком, просто никогда не сможете оттуда вернуться и рассказать, что видели. А когда вас наконец разорвет в клочья – далеко за горизонтом событий, – никто снаружи черной дыры этого не разглядит.

Насколько мне известно, в черной дыре не погиб еще ни один землянин, однако есть убедительные доказательства, что черные дыры во Вселенной то и дело закусывают заблудившимися звездами и легковерными газовыми облаками. Если облако приблизится к черной дыре, то вряд ли упадет прямо в него. Оно не закладывает пируэт ногами вниз, как вы, а сначала вовлекается на орбиту, а затем спиралью спускается навстречу гибели. Те части облака, которые оказались ближе к черной дыре, вращаются по орбите быстрее, чем более далекие. Этот понятный и незатейливый сдвиг называется дифференциальным вращением и приводит к колоссальным последствиям с астрофизической точки зрения. Пока слои облака спускаются по спирали все ближе к горизонту событий, они от внутреннего трения разогреваются до миллионов градусов, гораздо сильнее, чем любая известная звезда. Газ раскаляется до синевы и превращается в источник мощного ультрафиолетового и рентгеновского излучения. И одинокая и невидимая черная дыра, которая тихо-мирно занималась своими делами, превращается в невидимую черную дыру, окруженную газообразным скоростным шоссе, испускающим высокоэнергичное излучение.

Поскольку звезды – это на 100 % газовые шары, участь наших злосчастных облаков их тоже не минует. Если одна звезда из двойной системы становится черной дырой, то черная дыра ничего не будет есть до конца жизни своей звезды-компаньона, пока та не раздуется в красный гигант. Если у красного гиганта хватит габаритов, черная дыра в конце концов освежает его, обдерет и проглотит послойно. Но если звезда не имеет к черной дыре никакого отношения и просто случайно забрела в ее края, приливные силы сначала растянут ее, но затем дифференциальное вращение превратит звезду в разогретый трением диск ярко светящегося газа.

Если астрофизику-теоретику, чтобы объяснить какое-нибудь явление, нужен источник энергии, заключенный в крошечном пространстве, первым делом стоит обращаться к упитанным черным дырам. Например, как мы уже видели, загадочные далекие квазары обладают светимостью в сотни и тысячи раз больше, чем вся галактика Млечный Путь. Однако их энергия исходит, в основном, из объема не крупнее нашей Солнечной системы. Этому нет никакого другого объяснения, кроме как наличие

сверхмассивной черной дыры в качестве центрального двигателя квазара. Теперь мы знаем, что сверхмассивные черные дыры в центрах галактик встречаются очень часто. Поводом для обвинений становится подозрительно сильная светимость некоторых галактик в подозрительно небольшом объеме, однако на самом деле светимость очень сильно зависит от того, есть ли в наличии звезды и газ, которые черная дыра могла бы расслоить. Черная дыра есть и в центре некоторых других галактик, с точки зрения светимости ничем не примечательных. Эти черные дыры, вероятно, уже проглотили все близлежащие звезды и газ, не оставив улик. Однако звезды в центре такой галактики, вращающиеся по орбите недалеко от черной дыры – но все же не настолько близко, чтобы дать себя съесть, – резко разгоняются до необычно высоких скоростей.

Такие скорости в сопоставлении с расстоянием от звезд до центра галактики служат мерой того, какая масса сосредоточена в пределах их орбит. Вооружившись этими данными, можно прикинуть на коленке, позволяет ли концентрация массы в центре считать ее черной дырой. Самые крупные черные дыры, как правило, обладают массой в миллиард солнечных, в частности, та, что засела в центре титанической эллиптической галактики M87, самой большой в галактическом Скоплении Девы. Гораздо ниже в списке – черная дыра в центре галактики Андромеда, нашей ближайшей космической соседки, но она все равно большая, целых 30 миллионов масс Солнца.

Завидуете чужим черным дырам? И правильно: та, что находится в центре галактики Млечный Путь, имеет массу всего в 4 миллиона солнечных. Однако у любой черной дыры при любой массе занятие только одно – смерть и разрушение.

## **Часть VI**

### **Наука и культура**

*Шероховатости на стыке между  
открытиями вселенского масштаба  
и реакцией общества*

## Глава тридцать четвертая

### Мало ли что все говорят

Аристотель полагал, что хотя планеты движутся на фоне звезд, а постоянство в небесах и в атмосфере время от времени нарушают падающие звезды, кометы и затмения, сами звезды неподвижно закреплены на небосклоне, их положение не меняется, а центр всего движения во Вселенной – это Земля. Прошло 25 веков, и с нынешней просвещенной точки зрения мы лишь посмеиваемся над этими глупыми выдумками, однако идеи Аристотеля на самом деле – вполне законные, хотя и упрощенные, выводы из наблюдений за миром природы.

Аристотель делал и другие заявления. Говорил, например, что тяжелые предметы падают быстрее легких. Да и кто бы спорил? Ведь очевидно, что камни падают на землю быстрее, чем сухие листья. Однако на этом Аристотель не остановился и заявил, что тяжелые предметы падают быстрее легких пропорционально собственному весу, то есть тело весом в 10 килограммов будет падать в 10 раз быстрее, чем тело весом в 1 килограмм.

Аристотель глубоко заблуждался.

Чтобы проверить его, возьмите и бросьте одновременно с одной и той же высоты два камня – большой и маленький. В отличие от листьев, трепещущих на ветру, ни тот ни другой камень не особенно подвержены сопротивлению воздуха, и оба упадут на землю одновременно. Чтобы проделать такой эксперимент, не нужен грант Национального научного фонда. Аристотель мог проделать его и сам, но не стал. Впоследствии представления Аристотеля были включены в доктрину католической церкви. И поскольку церковь была необычайно влиятельна и сильна, идеи Аристотеля укоренились в умах рядовых представителей западного мира, которые слепо верили в них и слепо повторяли. Все не просто рассказывали друг другу откровенную неправду, но и игнорировали все, что происходило на их глазах, но не должно было считаться истиной.

Если речь идет об исследовании мира природы, хуже того, кто слепо верит, может быть только тот, кто все видит, но отрицает факты. В 1054 году одна звезда в созвездии Тельца ни с того ни с сего вспыхнула в миллион раз ярче обычного. Об этом написали китайские астрономы. И арабские астрономы тоже написали. Индейцы на территории современного юго-запада США оставили каменные рельефы в память об этом чуде. Звезда пылала так ярко, что ее неделями напролет было

прекрасно видно на небе даже днем, однако никто во всей Европе – ни одна живая душа! – ни слова об этом не написал. На самом деле яркая новая звезда на небесах была сверхновой, взорвавшейся далеко в космосе примерно на 7000 лет раньше, просто ее свет только-только успел дойти до Земли. Конечно, в Европе царил мрачное Средневековье, так что нельзя требовать от тогдашних европейцев умения точно фиксировать данные, однако «дозволенные» космические события прилежно регистрировались. Например, в 1066 году, 12 лет спустя, в небе пронаблюдали комету, которая впоследствии получила название кометы Галлея, и подробно (вместе с огорошенными зеваками) запечатлели ее около 1100 года на фрагменте знаменитого гобелена из Байё. Впрочем, это скорее исключение. В Библии сказано, что звезды неподвижны и неизменны. Аристотель говорил, что звезды неподвижны и неизменны. Церковь со всем своим непревзойденным авторитетом объявила, что звезды неподвижны и неизменны. Все население Европы пало жертвой коллективного заблуждения, и это заблуждение оказалось сильнее, чем способность каждого отдельного европейца верить своим глазам.

Все мы во что-то слепо верим: нельзя же проверять вообще все, что говорят нам окружающее. Когда я говорю вам, что у протона есть двойник-античастица (антипротон), чтобы проверить мое утверждение, вам понадобится лабораторное оборудование стоимостью в миллиард долларов. Так что проще поверить мне на слово, сочтя, что в целом я знаю, что говорю, – по крайней мере, если речь идет об астрофизике. Если вы отнесетесь к моим заявлениям скептически, я не возражаю. Более того, я это всячески приветствую. Не стесняйтесь, отправляйтесь на ближайший ускоритель частиц, полюбуйте на антивещество сами. А как насчет всех утверждений, для проверки которых не нужны затейливые экспериментальные установки? Казалось бы, в нашей современной просвещенной культуре общественное мнение должно обладать надежным иммунитетом от всех тех ложных утверждений, которые легко проверить.

А вот и нет.

Вспомните следующие утверждения. Самая яркая звезда на ночном небе – Полярная. Солнце – желтая звезда. Все, что подбросишь, должно упасть. Темной ночью на небе видны невооруженным глазом миллионы звезд. В космосе нет гравитации. Компас указывает на север. Зимой дни становятся короче, а летом длиннее. Полные солнечные затмения случаются редко.

Все они до единого ложны.

Многие, а может быть, и большинство верят как минимум в одно

из этих утверждений и распространяют их, несмотря на то, что непосредственно продемонстрировать их ошибочность совсем не сложно. Добро пожаловать на мой фестиваль опровержений под девизом «Мало ли что все говорят»!

Полярная звезда – не самая яркая на ночном небе. Яркости ей не хватает даже на то, чтобы занять сороковое место в небесных списках.

За яркость частенько принимают популярность. Если посмотреть в ночное северное небо, видно, что три из семи звезд Большой Медведицы, в том числе звезда, венчающая «ручку ковша», ярче Полярной звезды, которая находится отсюда всего в трех ладонях. Так что оправдания не принимаются.

И что бы вам ни твердили всю жизнь и кто бы это ни говорил, мне все равно: Солнце не желтое, а белое. Человеческое цветовосприятие – штука сложная, но если бы Солнце было желтое, как желтая электрическая лампочка, то все белое, например снег, отражало бы этот свет и казалось желтым, а уже давно доказано, что желтый снег бывает далеко не везде, а только возле пожарных гидрантов. Что заставляет говорить, будто Солнце желтое? Если посмотреть на Солнце в полдень, можно навредить глазам. Зато на закате, когда Солнце склоняется к горизонту, а атмосфера сильнее всего рассеивает голубой свет, яркость Солнца существенно снижается. Голубой свет из солнечного спектра теряется в сумеречном небе, и именно поэтому диск Солнца окрашивается в красно-оранжево-желтые тона. Все смотрят на закатное Солнце, окрашенное в искаженные оттенки, и закрепляют заблуждение.

Не все, что подброшено вверх, падает вниз. На поверхности Луны полно всякой всячины – в том числе мячики для гольфа, флаги и обломки луноходов и космических станций. Если никто не отправится туда и не заберет их, они никогда не вернуться на Землю. Никогда. Если хотите подняться вверх и не упасть вниз, нужно всего-навсего двигаться со скоростью больше примерно 11 километров в секунду. Потом все равно придется замедлиться из-за притяжения Земли, однако оно не сможет заставить вас повернуть назад и опуститься на Землю.

Каково бы ни было ваше зрение, видимость и местоположение на Земле, если зрачки у вас размером не с линзы бинокля, вы не различите на всем небе больше пяти-шести тысяч из 100 миллиардов (или около того) звезд в нашей галактике Млечный Путь. Сами попробуйте как-нибудь ночью. Все становится гораздо хуже, если выходит Луна. А если Луна еще и полная, она затмит все, кроме нескольких сотен самых ярких звезд.

Во время космической программы «Аполлон», когда одна из миссий

была на пути к Луне, один известный телеведущий в программе новостей объявил, что-де «в этот самый миг астронавты покинули гравитационное поле Земли». Поскольку астронавты еще не долетели до Луны, а Луна вращается по орбите вокруг Земли, следовательно, гравитация Земли *должна простираться в космос по крайней мере до Луны*. Более того, гравитация Земли, как и гравитация любого тела во Вселенной, распространяется бесконечно, хотя сила ее, безусловно, уменьшается. Каждая точка в космическом пространстве кишмя кишит бесчисленными гравитационными лямками по направлению ко всем прочим объектам во Вселенной. На самом деле ведущий хотел сказать, что астронавты миновали точку в пространстве, где сила гравитации Луны превосходит силу гравитации Земли. Вся мощнейшая трехступенчатая ракета «Сатурн-V» для того и была предназначена, чтобы придать командному отсеку достаточную первоначальную скорость, позволяющую достичь именно этой точки, потому что дальше можно просто пассивно ускоряться в сторону Луны, что астронавты и сделали. Гравитация – она везде.

Все знают, что у магнитов противоположные полюса притягиваются, а одинаковые отталкиваются. Однако стрелка компаса сделана так, чтобы та ее половина, которая намагничена «по-северному», указывала на северный магнитный полюс Земли. А намагниченный предмет может указывать своей северной половиной на северный магнитный полюс Земли тогда и только тогда, когда северный магнитный полюс Земли на самом деле на юге, а южный магнитный полюс на самом деле на севере. Более того, нет никакого такого универсального физического закона, который требовал бы, чтобы магнитные полюса совпадали с географическими. На Земле расстояние между ними составляет около 1500 километров, отчего, в частности, на севере Канады прокладывать курс по компасу, мягко говоря, глупо.

Поскольку первый день зимы – «самый короткий день в году», то зимой каждый следующий день должен быть все длиннее и длиннее. Аналогичным образом, поскольку первый день лета – «самый длинный день в году», то летом каждый следующий день должен становиться все короче и короче. Это прямо противоположно тому, что постоянно твердят все кругом.

В среднем каждые два года где-то на поверхности Земли можно наблюдать, как Луна проходит прямо перед Солнцем, что вызывает полное солнечное затмение. Это происходит чаще, чем Олимпиада, однако в газетах почему-то не пишут, что «В этом году произойдет редкое событие – Олимпийские игры». Должно быть, полное солнечное затмение

считается редкостью, поскольку в каждой конкретной точке Земли его можно прождать добрые пятьсот лет. Это верно – однако не очень убедительно, поскольку на Земле есть области, например середина пустыни Сахары и практически вся Антарктида, где совершенно точно никогда не проведут Олимпиаду.

Хотите еще? В полдень Солнце стоит точно над головой. Солнце встает на востоке и заходит на западе. Луна выходит на небо ночью. В равноденствие день и ночь делятся ровно по 12 часов. Южный Крест – красивое созвездие. Все эти утверждения тоже ошибочны.

Нигде на территории материковой части США ни в какое время дня и даже года Солнце не поднимается точно в зенит. В истинный полдень прямые вертикальные предметы не отбрасывают тени. Наблюдать это на всем земном шаре могут лишь те, кто живет между 23,5 градусами южной широты и 23,5 градусами северной широты. И даже в этой зоне Солнце оказывается прямо над головой только дважды в год. Идея «Солнца в зените» – такое же коллективное заблуждение, как и яркость Полярной звезды и цвет Солнца.

Все жители Земли наблюдают восход Солнца точно на востоке и закат точно на Западе лишь дважды в год – в первый день весны и в первый день осени. Во все остальные дни все земляне видят, как Солнце восходит и заходит в других точках горизонта. На экваторе диапазон восходов насчитывает 47 градусов по восточному горизонту. На широте Нью-Йорка (41 градус северной широты – это параллель Мадрида и Пекина) диапазон восходов насчитывает 60 градусов. На широте Лондона (51 градус северной широты) и вовсе 80 градусов. А с северного и южного полярных кругов можно наблюдать восход и точно на севере, и точно на юге – то есть диапазон восходов насчитывает полные 180 градусов.

Луна выходит и тогда, когда на небе есть Солнце. Если при наблюдении небосклона приложить небольшие дополнительные усилия – например смотреть вверх и при дневном свете, – то заметишь, что Луна видна и днем почти так же часто, как и ночью.

В равноденствие день и ночь не делятся ровно по 12 часов. Посмотрите на время восхода и заката в газете в первый день весны или осени. Эти моменты не делят сутки на два равных блока по 12 часов. День всегда побеждает. В зависимости от широты он выигрывает от всего семи минут на экваторе до почти получаса на северном и южном полярном кругах.

Кто в этом виноват? Рефракция солнечного света, который проходит из вакуума межпланетного пространства сквозь атмосферу Земли: это из-за нее солнечный диск появляется из-за горизонта на несколько минут

раньше, чем восходит настоящее Солнце. И именно поэтому настоящее Солнце сядет на несколько минут раньше, чем солнечный диск, который вы увидите. По договоренности момент восхода отмечают по появлению над горизонтом верхнего края солнечного диска, а момент заката – по исчезновению верхнего края за горизонтом. Беда в том, что эти «верхние края» находятся на противоположных половинах диска, и поэтому при расчете времени восхода и заката получается, что день длится на диаметр солнечного диска дольше.

Южный Крест претендует на первое место по популярности среди всех 88 созвездий. Если послушать, что говорят об этом созвездии жители южного полушария и какие песни о нем слагают, а также посмотреть на флаги Австралии, Новой Зеландии, Западного Самоа и Папуа-Новой Гвинеи, можно подумать, что мы, северяне, чем-то обделены. А вот и нет. Во-первых, чтобы полюбоваться Южным Крестом, не обязательно ехать в южное полушарие. Его прекрасно видно даже из Майами в штате Флорида – только низко над горизонтом. Это миниатюрное созвездие – самое маленькое на небе: его можно закрыть кулаком на вытянутой руке. Да и форма у него скучноватая. Чтобы нарисовать ромб методом «соедини точки», нужно четыре звезды. А чтобы сделать из него крест – добавить пятую по центру в месте пересечения переключин. Но Южный Крест состоит всего из четырех звезд, и получившаяся фигура похожа скорее на воздушный змей или помятую картонную коробку. Западная культура унаследовала легенды о созвездиях во всей их пышности от вавилонян, халдеев, греков и римлян, живших столетия назад и наделенных богатым воображением. Не забывайте, что именно их богатое воображение породило мифы о совершенно асоциальном поведении богов и богинь. Все эти цивилизации, конечно, принадлежат северному полушарию, а следовательно, созвездия южного неба, многие из которых и названия-то получили только в последние 250 лет, с мифологической точки зрения совершенно нищие. У нас, северян, есть свой Северный Крест, состоящий из всех пяти звезд, как положено нормальному кресту. Он входит в более крупное созвездие Лебедя, которое движется по небу вдоль Млечного Пути. Лебедь почти в двенадцать раз больше Южного Креста.

Когда люди верят в какое-то предание, противоречащее объективным данным, проверить которые ничего не стоит, это подсказывает мне, что мы в целом недооцениваем роль объективных данных в построении системы внутренних представлений. Почему это так, непонятно, зато это позволяет многим придерживаться идей и представлений, которые основаны исключительно на предположениях. Однако надежда все же есть. Иногда

люди изрекают истины, остающиеся истинами несмотря ни на что. В числе моих любимых – «Когда куда-нибудь идешь, то все равно куда-нибудь придешь» и его дзенское следствие «Если мы здесь, значит, мы точно не в каком-то другом месте».

## Глава тридцать пятая

### Числофобия

Схему всей электропроводки в человеческом мозге мы, вероятно, не составим никогда. Однако одно несомненно: когда природа нас паяла, то не имела в виду, что мы будем мыслить логически. Иначе для среднего обывателя самым легким школьным предметом была бы математика. Более того, в такой альтернативной Вселенной математику в школах вообще не преподавали бы, поскольку ее постулаты и принципы были бы самоочевидны даже отстающим ученикам. Но в реальном мире все не так. Большинство людей можно, конечно, натренировать иногда включать логику, а кое-кто вообще всегда рассуждает логически: в этом отношении мозг – весьма гибкий орган. Но ведь тренировать включать эмоции вообще не нужно. Мы плачем, когда рождаемся, и учимся смеяться уже в первые месяцы жизни.

А вот считать окружающие предметы мы начинаем отнюдь не сразу после выхода из материнской утробы. Скажем, известная всем числовая ось не прописана у нас в сером веществе. Человечеству пришлось ее изобретать и выводить из нее следствия по мере возникновения новых потребностей, поскольку жизнь и общество становились все сложнее. В мире исчислимых предметов никто не будет спорить, что  $2 + 3 = 5$ , но чему равно  $2 - 3$ ? Чтобы ответить на этот вопрос, не утверждая, что «выражение не имеет смысла», нужно было, чтобы кто-то изобрел новую часть числовой оси – отрицательные числа. Продолжим: все мы знаем, что половина от 10 – это 5, а чему равна половина от 5? Чтобы этот вопрос имел смысл, кто-то должен был изобрести дроби, еще один класс чисел на числовой оси. По мере углубления в царство чисел были изобретены самые разные виды чисел – в числе прочих мнимые, иррациональные, трансцендентные и комплексные. У каждого из них свое, подчас уникальное применение для объяснения явлений физического мира, которые мы успели открыть с самой зари цивилизации.

Исследователи Вселенной появились одновременно с человечеством. Поскольку и я принадлежу к этой (второй) древнейшей профессии, то могу подтвердить, что мы приспособили все части числовой оси для анализа самых разных небесных явлений и всю их применяем. Кроме того, мы любим задействовать и самые маленькие, и самые большие числа всех мастей. Подобные умонастроения повлияли даже на обиходный жаргон. Если общество считает, что что-то неизмеримо велико, например

национальный долг, его сумму называют не биологической и не химической, а именно астрономической. Поэтому можно с полным правом утверждать, что астрономы чисел не боятся.

Итак, позади тысячи лет культуры. Какая же оценка стоит у общества по математике? А точнее, какую оценку мы поставим американцам, членам самой технически развитой культуры за всю историю человечества?

Начнем с самолетов. Не знаю, кто нумерует места в авиакомпании «Континентал Эрлайнз», но суеверен он прямо-таки по-средневековому: боится числа 13. Я часто летаю их самолетами и еще нигде не видел ряда номер 13. После двенадцатого сразу четырнадцатый, и все тут. А здания? В семидесяти процентах многоэтажных зданий на всем протяжении Бродвея на Манхэттене – почти пять километров – нет тринадцатого этажа. Я не проводил подробных статистических исследований в масштабе всей страны, однако по своему опыту – а я часто бывал в разных зданиях, – могу оценить, что больше чем в половине зданий та же картина. Если вам доводилось ездить в лифтах таких «суеверных» многоэтажных домов, вы наверняка отмечали, что после двенадцатого этажа там сразу идет четырнадцатый. Такова тенденция и в старых, и в новых зданиях. Иногда строения обуревают совесть, и они пытаются скрыть свои суеверия, и там делают две шахты лифта – одна ведет с первого по двенадцатый этаж, вторая – от четырнадцатого и вверх. В двадцатидвухэтажном многоквартирном доме в Бронксе, где я рос, было две отдельные шахты лифта – однако в нашем случае одна шахта обслуживала четные этажи, а другая – нечетные. В детстве для меня было величайшей загадкой, почему нечетный лифт с одиннадцатого этажа шел сразу на пятнадцатый, а четный – с двенадцатого на шестнадцатый. Очевидно, в моем доме нельзя было пропустить один нечетный этаж, не нарушив всю схему чета и нечета. Отсюда этот вопиющий идиотизм – пропустить не только тринадцатый, но еще и четырнадцатый этаж. Все это, разумеется, означало, что в доме было не двадцать два этажа, а только двадцать.

В другом здании, где были обширные подземные уголья, этажи ниже первого обозначались так: B, SB, P, LB и LL. Наверное, для того, чтобы в лифте было о чем подумать и никто не бездельничал. Между тем прямо-таки напрашивается решение пронумеровать эти этажи отрицательными числами. Для непосвященных поясню: эти сокращения означают «Basement» – «подвал», «Sub-Basement» – буквально «под-подвал», «Parking» – «парковка», «Lower Basement» – «нижний подвал» и «Lower Level» – «нижний этаж». Нормальные этажи так косноязычно

не нумеруют. Представьте себе пятиэтажное здание, этажи которого пронумерованы не цифрами 1, 2, 3, 4 и 5, а сокращениями СН, ВН, ЕВН, ПСВ и ПК, что значит «Самый нижний», «Выше нижнего», «Еще выше нижнего», «Почти самый верхний» и «Под крышей». В принципе, бояться отрицательных этажей не стоит, они есть, например, в «Отель де Рон» в Женеве, где есть этажи  $-1$  и  $-2$ , и в гостинице «Националь» в Москве, где безо всяких колебаний пронумеровали этажи 0 и  $-1$ .

То, что американцы, очевидно, не желают замечать ничего, что меньше нуля, видно в самых разных областях жизни. Легкий случай подобного синдрома наблюдается у торговцев автомобилями: они говорят не «Мы вычтем 1000 долларов из цены автомобиля», а «Мы вернем вам 1000 долларов». Боязнь минуса в бухгалтерии распространена повсеместно. Здесь отрицательные числа заключают в скобки, чтобы нигде в ведомости не проскочил минус. Даже популярный роман Брета Истона Эллиса «Меньше нуля» (Bret Easton Ellis, «Less Than Zero»), вышедший в 1985 году, и его экранизация 1987 года, что характерно, ни в коем случае не могли быть названы логичным и точным синонимом «Отрицательная величина».

Мы прячемся не только от отрицательных чисел, но и от десятичных дробей, особенно американцы. Лишь недавно при торговле ценными бумагами на Нью-Йоркской фондовой бирже отказались от неуклюжих дробей и стали писать десятичные доли долларов. Причем американская валюта основана на десятичной системе исчисления, однако думаем мы о ней иначе. Если что-то стоит 2,50 доллара, мы скажем совершенно точно не «Два доллара и пять десятых», а «Два с половиной доллара» или «Два доллара и пятьдесят центов». Это мало чем отличается от цен в старой британской системе, не имевшей отношения к десятичному исчислению, когда надо было отдельно указывать количество фунтов, шиллингов и пенсов.

Когда моей дочери исполнился год и три месяца, я позволял себе извращенное удовольствие отвечать на вопрос о ее возрасте «1,25 года», а не, скажем, «Пятнадцать месяцев», как принято в Америке. На меня молча глядели, недоуменно нахмурившись, – точь-в-точь собаки, слышавшие какой-то высокий звук.

Страх десятичных дробей бесчинствует и в тех случаях, когда речь идет о вероятности. Когда говорят о шансах, стандартная формулировка – «что-то к одному» или «один шанс на сколько-то». Это интуитивно понятно: шансы против того, что девятый забег в Белмонте выиграет аутсайдер, равны 28 к 1. Шансы против фаворита – 2 к 1. А шансы против

лошади, занимающей второе место после фаворита – уже 7 к 2. Почему же не сказать, как положено, «что-то к 1»? Потому что тогда вместо шансов «7 к 2» получится «3,5 к 1», и десятично-ущербные посетители ипподрома окажутся в неловком положении.

Наверное, вполне можно жить и без десятичных дробей, без некоторых этажей в высотных домах и с этажами, которые не нумеруют как положено, а обозначают буквами. Но есть и более серьезная сложность – неспособность человеческого ума сравнивать большие числа.

Если считать, называя одно число в секунду, понадобится почти 12 суток, чтобы досчитать до миллиона, и 32 года, чтобы досчитать до миллиарда. Чтобы досчитать до триллиона, нужно 32 000 лет, и именно столько прошло с тех пор, как люди нацарапали первые рисунки на стенах пещер.

Если положить в цепочку сто миллиардов (или около того) гамбургеров, которые продала сеть «Макдональдс», можно будет 230 раз опоясать Землю и еще хватит, чтобы достать от Земли до Луны и обратно.

На данный момент состояние Билла Гейтса вроде бы составляет 50 миллиардов долларов. Если каждый взрослый работающий американец, спеша на службу, нагнется подобрать монетку в четверть доллара, а десятицентовик – уже нет, то с точки зрения их относительного богатства это будет все равно что Билл Гейтс не обратит внимания на валяющиеся на улице 25 000 долларов.

Для астрофизика это тривиальные умственные упражнения, однако обычный человек о таком не задумывается. Но что же он при этом теряет?

Начиная с 1969 года мы запускали космические аппараты, определившие развитие астрофизики в последующие два с лишним десятилетия освоения Солнечной системы. Именно в ту эпоху прославились «Пионеры», «Вояджеры», «Викинги». А также космическая станция «Марс Обсервер», связь с которой была потеряна при ее входе в марсианскую атмосферу в 1993 году.

Каждый из этих космических аппаратов проектировался и строился много лет. Каждая экспедиция ставила перед собой смелые научные цели, планировала масштабные и глубокие исследования – и, как правило, стоила налогоплательщикам 1–2 миллиарда долларов. В 90-е, в процессе смены руководства НАСА, появился новый класс космических аппаратов под девизом «быстрее, дешевле, лучше» – они стоили уже 100–200 миллионов долларов. В отличие от прежних космических аппаратов, их можно было проектировать и строить очень быстро, а перед каждой миссией ставили теперь более конкретные цели. В результате, само собой,

получалось, что неудача космической экспедиции обходилась не так дорого и наносила не такой сильный ущерб развитию космической программы в целом.

Однако в 1999 году провалились сразу две такие экономичные экспедиции, что стоило налогоплательщикам около 250 миллионов долларов. Тем не менее реакция общественности была столь же возмущенной, как и после потери станции «Марс Обсервер», которая стоила миллиард. СМИ заявили, что 250 миллионов – это чудовищная, невообразимо огромная растрата и что в НАСА, возможно, какой-то непорядок. В итоге было предпринято судебное расследование и прошли слушания в Конгрессе.

Я не хочу никого защищать, однако 250 миллионов – это лишь немногим больше бюджета не слишком удачного фильма Кевина Кестнера «Водный мир». Примерно столько стоят два дня пребывания на орбите космического шаттла. А потерянная космическая станция «Марс Обсервер» стоила почти в пять раз больше. Если бы не эти сравнения и не напоминание, что эти неудачи были прямо связаны с девизом «быстрее, дешевле, лучше», когда риск распределяется по множеству миссий, а не сконцентрирован в одной-двух дорогостоящих, можно было бы подумать, что миллион долларов равен миллиарду долларов, а миллиард долларов равен триллиону долларов...

Никто не упомянул, что потеря 250 миллионов – это меньше чем по одному доллару с каждого американца. Не сомневаюсь, что примерно столько же денег валяется на улицах в виде мелких монет, за которыми занятому взрослому человеку недосуг нагнуться.

## Глава тридцать шестая

### К вопросу о тупиках

То ли все дело в необходимости привлечь и удержать читателя. То ли общественности очень нравится узнавать о тех редких случаях, когда ученый оказывается в тупике. Так или иначе, иные популяризаторы науки не могут написать статью о Вселенной, не упомянув о том, что кое-кто из астрофизиков, с которыми они беседовали, «оказались в тупике» из-за последних научных открытий.

Ученые в тупике так занимают журналистов, что в августе 1999 года передовица в «Нью-Йорк Таймс» – которая могла бы стать первым сообщением в СМИ о великом научном открытии – повествовала лишь о космическом объекте с совершенно загадочным спектром (Wilford 1999). Ведущие астрофизики оказались в полной растерянности. Невзирая на высокое качество данных (наблюдения были сделаны на телескопе им. Кека на Гавайях – самом мощном на тот момент оптическом телескопе в мире), объект не удавалось причислить ни к одной известной разновидности планет, звезд или галактик. Представьте себе, что биолог расшифровал геном недавно открытого вида и при этом не может понять, животное это или растение. Из-за этой фундаментальной ошибки, вызванной невежеством журналиста, в статье на 2000 слов не было ни анализа, ни выводов – ни намека на науку.

В конкретном случае вскоре оказалось, что объект наблюдений – странная, однако по сути не очень примечательная галактика, но это выяснилось уже после того, как перед миллионами читателей прошла целая череда самых известных астрофизиков, которые сказали «Понятия не имею, что это». Подобные методы подачи материала цветут пышным цветом и формируют у читателя катастрофически искаженное мнение о преобладающих в научном сообществе настроениях. Если бы журналисты говорили всю правду, то писали бы, что все астрофизики оказываются в тупике каждый день, и неважно, попадают их открытия в газеты или нет.

Ученые не имеют права утверждать, что работают на переднем крае науки, если они ни из-за чего не оказываются в тупике. Тупики – двигатель открытий.

Легендарный физик XX века Ричард Фейнман скромно заметил, что формулировать физические законы – это как наблюдать за игрой в шахматы, не зная правил. Хуже того, писал он, не получается наблюдать все ходы по очереди. Можно лишь время от времени поглядывать, как дела

на доске и что изменилось. А при этом, несмотря на колоссальные пробелы в знаниях, стоит задача вывести правила игры. Рано или поздно заметишь, что слоны остаются на клетках какого-то одного цвета. Что пешки передвигаются не очень быстро. Что все фигуры боятся ферзя. Но вот игра близится к финалу, и остается всего несколько пешек. Представьте себе, что вы возвращаетесь к доске в очередной раз и обнаруживаете, что одна из пешек исчезла, а на ее месте возник ферзь, которого вроде бы недавно съели. Попробуйте-ка понять, в чем тут дело! Большинство ученых согласятся, что законы Вселенной, как бы ни выглядели они в целом, несопоставимо сложнее шахматных правил и остаются для нас неисчерпаемым источником бесконечных тупиков.

\* \* \*

Недавно я узнал, что астрофизики оказываются в тупике чаще некоторых других ученых. Казалось бы, напрашивается вывод, что астрофизики глупее ученых других пород, но я думаю, что мало кто воспримет подобное заявление всерьез. Я думаю, что астрофизические тупики объясняются тем, как поразительно огромен и сложен космос. С этой точки зрения у астрофизиков много общего с нейрофизиологами. Любой нейрофизиолог легко подтвердит, что о человеческом сознании мы не знаем гораздо больше, чем знаем. Вот почему из года в год публикуют столько популярных книг и о Вселенной, и о человеческом сознании: никто пока не разобрался, как там все устроено на самом деле. Можно позвать в этот клуб незнаек еще и метеорологов. В атмосфере Земли столько всего происходит, что просто удивительно, что метеорологам хотя бы иногда удается дать точный прогноз. Те, кто составляет прогноз погоды для вечернего выпуска новостей, – единственные репортеры, от которых ждут предсказания завтрашних событий. И они изо всех сил стараются не промахнуться, однако в самом лучшем случае способны лишь измерить степень попадания в тупик: «Вероятность дождя – 50 %».

Одно несомненно: чем больше времени проводишь во всякого рода тупиках, тем шире становится мировоззрение и тем охотнее воспринимаешь новое. Это я знаю не понаслышке.

Однажды я выступал в телепередаче Чарли Роуза на канале «Пи-Би-Эс» и участвовал в дебатах с известным биологом: мы должны были обсудить и оценить, насколько вероятно, что некоторые соединения, обнаруженные в трещинках марсианского метеорита ALH-84001,

свидетельствуют о существовании внеземной жизни. Этот межпланетный странник, размерами и формой вылитая картофелина, был выбит с поверхности Марса в результате падения высокоэнергичного метеорита – примерно то же самое происходит с просыпанными на покрывало чипсами, когда вам приходит в голову попрыгать на матрасе: их сбрасывает с кровати. Марсианский метеорит пространствовал в межпланетном пространстве десятки миллионов лет, рухнул в Антарктиде, примерно 10 000 лет пролежал погребенный во льду – и вот в 1984 году его наконец обнаружили.

В первоначальной научной статье Дэвида Мак-Кея и его сотрудников, опубликованной в 1996 году, приводились самые разные косвенные данные. Каждый пункт в отдельности вполне можно было бы объяснить каким-нибудь небиогенным процессом. Однако все вместе они убедительно свидетельствовали, что на Марсе когда-то существовала жизнь. Одно из самых соблазнительных доказательств, которые приводил Мак-Кей, была простая фотография этого камня, сделанная в микроскоп с высоким разрешением: на ней видно нечто крохотное и червеобразное, примерно в десять раз меньше самого мелкого из известных на Земле видов червей. Однако с научной точки зрения эти данные оказались несостоятельны. Меня подобные открытия всегда приводили в восторг – и до сих пор приводят. Однако выступавший вместе со мной биолог отнесся к этому доказательству скептически и аргументировал свою точку зрения. Повторив сентенцию Карла Сагана «Сенсационные открытия требуют сенсационных доказательств», он объявил, что червеобразная штучка не может быть живой, поскольку там нет никаких следов клеточных оболочек и потому что это существо должно быть гораздо меньше самых мелких известных живых организмов на Земле.

Что-что, простите?!

Вроде бы речь у нас идет о марсианской жизни, а не о земной, которую мой собеседник привык изучать в своей лаборатории. Такой узкобости я себе и представить не мог. Правда, может быть, это я слишком уж широко смотрю на вещи. Ведь и правда – иной раз так раздвинешь границы мировоззрения, что порушатся самые опоры здравого смысла – и тут уж, чего доброго, уподобишься тем, кто безо всякого скептицизма верит в летающие тарелки и в инопланетян, похищающих людей. Неужели мой мозг настолько отличается от мозга этого известного биолога? Мы с ним оба учились сначала в университете, потом в аспирантуре. Защитили диссертации каждый в своей области и посвятили свою жизнь научным методам и инструментам.

Возможно, далеко ходить за ответом и не придется. Биологи и публично, и в общении между собой превозносят многообразие жизни на Земле – вот сколько возникло всевозможных разновидностей благодаря естественному отбору, вот как различаются между собой ДНК соседних видов. Однако в конечном итоге их признания никто не слышит, ведь они работают с одним-единственным научным образцом – с жизнью на Земле.

\* \* \*

Готов спорить почти на что угодно, что жизнь на другой планете, если она возникла и сформировалась независимо от земной, будет отличаться от всех видов живых существ на Земле гораздо сильнее, чем любые два земных вида – друг от друга. С другой стороны, объекты исследования, схемы классификации и выборки данных астрофизики черпают во всей Вселенной. По этой простой причине новые данные с завидной регулярностью заставляют астрофизиков «мыслить по-новому» и «выходить за рамки». Иногда выходить за рамки мы вынуждены буквально всем телом.

За примерами можно обратиться к древности, однако обойдемся без этого. Нам вполне стодитя и XX век. К тому же многие примеры мы уже обсуждали.

Стоило нам решить, что мы вправе считать Вселенную часовым механизмом и почивать на лаврах, сформулировав свод детерминистских законов классической физики, как Макс Планк, Вернер Гейзенберг и прочие взяли и открыли квантовую механику – и доказали, что на самых микроскопических масштабах Вселенная от рождения недетерминирована – пусть даже на более крупных масштабах она подчиняется детерминизму.

Стоило нам решить, что все звезды на ночном небе – это и есть Вселенная, как Эдвин Хаббл взял и открыл, что пушистые спиральные штучки в небе – это далекие галактики. Самые настоящие «островные Вселенные», дрейфующие далеко-далеко за звездами Млечного Пути.

Стоило нам решить, что мы разобрались в форме и размере нашей якобы вечной Вселенной, как Эдвин Хаббл взял и открыл, что Вселенная расширяется и что Вселенная галактик простирается дальше пределов, за которые не могут заглянуть даже самые мощные телескопы. В частности, из этого открытия следовало, что у Вселенной было начало: для предыдущих поколений ученых такое было немыслимо.

Стоило нам решить, что теории относительности Альберта Эйнштейна дадут нам возможность объяснить природу гравитации, как астрофизик Фриц Цвики из Калифорнийского технологического института открыл темное вещество – загадочную субстанцию, которая отвечает за 90 % всей гравитации во Вселенной и при этом не испускает никакого излучения и больше никак не взаимодействует с обычным веществом. Темное вещество по сей день остается загадкой. А затем Фриц Цвики выявил и описал класс так называемых сверхновых – космических объектов, которые представляют собой одинокие взорвавшиеся звезды, в течение короткого времени испускающие энергию, эквивалентную сотне миллиардов солнц.

Вскоре после того, как мы разобрались в целях и средствах взрывов сверхновых, кто-то взял и открыл гамма-всплески на краю Вселенной, которые на время способны затмить все вместе взятые энергичные объекты во всей остальной Вселенной.

И едва мы привыкли к тому, что вынуждены владеть жалкое существование, ничего не зная о подлинной природе темного вещества, две независимые исследовательские группы – одна во главе с астрофизиком из Беркли Солом Перлмуттером, другая – во главе с астрофизиком из Гарварда Робертом Киришнером, – обнаружили, что Вселенная не просто расширяется, а расширяется с ускорением. Почему? Есть свидетельства того, что вакуум пространства создает какое-то загадочное давление, противодействующее гравитации, и это давление остается тайной – даже большей, чем темное вещество.

Это лишь несколько разрозненных пунктов из бесконечного списка головоломных явлений, которые не давали покоя астрофизикам за последние сто лет. Я бы мог на этом и остановиться и больше ничего не перечислять, однако было бы большим упущением не включить в мой рассказ историю открытия нейтронных звезд, масса которых, сопоставимая с солнечной, упакована в шар, насчитывающий в поперечнике лишь десятков-другой километров. Чтобы получить подобную плотность в домашних условиях, затолкайте стадо из 50 миллионов слонов в объем наперстка.

Нет, сомневаться не приходится. Мой мозг устроен иначе, чем мозг биолога, поэтому можно понять или даже предсказать, что мы по-разномуотреагируем на данные о следах живой материи в метеорите с Марса.

Чтобы у вас не сложилось впечатления, будто поведение ученых-исследователей напоминает привычки только что обезглавленных куриц, которые бесцельно носятся по двору туда-сюда, поясню, что тех знаний,

которые не ставят ученых в тупик, накопилось поистине внушительное количество. Они составляют и основной объем учебников для младших курсов, и общепринятое в наши дни представление о мироустройстве. Эти идеи поняты уже так хорошо, что перестали быть интересной темой для исследований и источником путаницы.

Однажды мне случилось организовывать и проводить диспут по «теориям всего» – плодам отчаянного стремления привести все силы природы к одному понятийному «знаменателю». Участвовали в нем пять выдающихся и хорошо известных физиков. В разгар дискуссии мне пришлось практически разнимать спорщиков – один из них, похоже, был готов полезть в драку. Это нормально. Я не против. Мораль здесь в том, что если вам доведется видеть, как ученые ведут жаркий спор, знайте: спорят они именно потому, что оказались в тупике. В моем случае ученые спорили о достоинствах и недостатках теории струн – а не о том, вращается ли Земля вокруг Солнца, качает ли сердце кровь в мозг и проливается ли дождь из облаков.

## Глава тридцать седьмая

### Следы в песках науки

Если вы зайдете в магазинчик при Планетарии имени Хейдена в Нью-Йорке, то найдете там всевозможные сувениры на космическую тему. Там есть много знакомого – пластмассовые модельки космического шаттла и Международной космической станции, магниты на холодильник с фотографиями с орбитальных телескопов, ручки фирмы «Фишер», предназначенные для того, чтобы писать в невесомости. Но есть и много необычного – обезвоженное мороженое для астронавтов, «Монополия» на астрономическую тему, солонки и перечницы в форме Сатурна. Не говоря уже о всяких диковинах вроде ластиков с изображением телескопа имени Хаббла, резиновых мячиков, сделанных в виде шаров из марсианских метеоритов, и съедобных космических червей из «Звездных войн». Разумеется, ничего удивительного, что такое продается в планетарии. Однако на самом деле все это свидетельства куда более глубокого процесса. Этот сувенирный магазинчик – безмолвный свидетель истории символов и эмблем, знаменующих последние полвека эпохи американских научных открытий.

В XX веке американские ученые открыли галактики, расширение Вселенной, природу сверхновых, квазары, черные дыры, гамма-всплески, происхождение элементов, реликтовое микроволновое излучение и большинство известных планет вне нашей Солнечной системы. Кое-где нас опередили русские, но именно мы отправили космические аппараты на Меркурий, Венеру, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. Американские зонды опустились на Марс, на астероид Эрос. И именно американские астронавты побывали на Луне. Современные американцы привыкли воспринимать это как должное – собственно, таково рабочее определение культуры: культура – это то, что все делают и о чем все знают, но чего уже никто не замечает.

Когда американцы ходят за продуктами в супермаркет, то не удивляются, что целый проход там заполнен готовыми хлопьями для завтрака с огромным содержанием сахара. А иностранцам это сразу бросается в глаза, точно так же как путешественники-американцы замечают, что в Италии продается широкий ассортимент разных макаронных изделий, а в Японии и Китае – поразительно много видов риса. Обратная сторона того, что сам не замечаешь собственную культуру, – величайшее удовольствие, которое получаешь от путешествий за границу:

там ты понимаешь, сколько всего в собственной культуре ты не замечал, и видишь, сколько всего уже не знают сами о себе жители других стран.

Заграничные снобы любят подшучивать над Соединенными Штатами за недостаточно древнюю историю и простоватую культуру, особенно в сравнении с тысячелетним наследием Европы, Азии и Африки. Однако пройдет пятьсот лет, и историки будущего наверняка сочтут XX век веком Америки, ведь именно тогда американские открытия в сфере науки и техники заняли первые места в списке самых значительных достижений во всем мире.

Очевидно, что Соединенные Штаты не всегда занимали верхнюю ступень на лестнице науки. И нет никакой гарантии, что американцы и дальше будут доминировать в этой сфере – более того, весьма вероятно, что это изменится. Поскольку столицы научно-технического прогресса мигрируют из одной страны в другую и в одни эпохи расцветают, а в другие приходят в упадок, каждая культура оставляет свою метку на непрерывном пути нашего биологического вида к пониманию Вселенной и своего места в ней. Когда историки пишут свои отчеты о подобных событиях мирового масштаба, на хронологической оси развития цивилизации ясно видны следы первенства той или иной страны.

\* \* \*

На то, как и почему та или иная страна оставит след в истории науки, влияет множество факторов. Важно, чтобы у нее были сильные лидеры. Не менее важно, чтобы она располагала доступом к различным ресурсам. Однако нужно еще кое-что, не столь осязаемое, однако способное подтолкнуть население целой страны к тому, чтобы вложить весь свой эмоциональный, культурный и интеллектуальный капитал в создание в мире островков прогресса.

Те, кто живет в такие времена, зачастую воспринимают как должное все, что создали, и бездумно предполагают, что так будет вечно, – и потому ставят все свои достижения под угрозу забвения, причем забудет их та же самая культура, которая создала.

Начиная с VIII века и почти 400 лет – пока в Европе ревностные христиане выпускали кишки еретикам – благодаря аббасидским халифам культурной столицей исламского мира был Багдад, процветающий интеллектуальный центр наук, искусств и медицины. Магометанские астрономы и математики строили обсерватории, изобретали точнейшие

приборы для измерения времени и разрабатывали новые методы вычислений и математического анализа. Эти ученые сохранили дошедшие до них труды ученых Древней Греции и иных стран древнего мира и перевели их на арабский. Они сотрудничали с христианскими и иудейскими мыслителями. И Багдад превратился в просветительский центр. Какое-то время арабский язык был языком науки.

Влияние раннего ислама на развитие науки заметно до сих пор. Например, арабский перевод главного труда Птолемея о геоцентрической модели Вселенной (написанного в Древней Греции около 150 года до н. э.) был так широко распространен, что даже сейчас во всех переводах он называется «Альмагест» – а это переименованное на арабский манер греческое слово «megistos», «величайший».

Иракский математик и астроном Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми подарил нам слово «алгоритм» (собственно, это слово происходит от «аль-Хорезми») и «алгебра» (от слова «аль-джабр» в названии его трактата об алгебраических вычислениях). И принятая во всем мире система цифр – 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 – хотя и была придумана в Индии, пребывала в полной неизвестности, пока ее не стали применять арабские математики. Более того, именно арабы придумали, как применять число нуль, и вывели совершенно новые следствия из этого понятия, позволяющие применять его во всей полноте. Между тем римские цифры и все разработанные к тому времени системы исчисления никакого нуля не предполагали. И сегодня эти десять символов по праву называются во всем мире арабскими цифрами.

\* \* \*

Портативные латунные астролябии с изящной гравировкой тоже изобрели арабы, опиравшиеся на древние прототипы; это были не просто астрономические инструменты, но и настоящие произведения искусства. Астролябия проецирует купол небосклона на плоскую поверхность. Системой наложенных друг на друга дисков, шестерней и шкал, и подвижных, и неподвижных, она напоминает изысканно украшенный часовой механизм напольных часов. Астролябия была так популярна и служила таким авторитетным средством сопоставления земного и небесного, что и по сей день почти две трети самых ярких звезд на ночном небе носят арабские имена. Она позволяла и астрономам, и всем желающим измерять положение на небе Луны и звезд, из чего

можно было рассчитать время, а это в целом полезное умение, особенно если надо знать, когда пора молиться.

Название звезды в переводе обычно означает анатомическую деталь описываемого созвездия. Среди самых знаменитых звезд с арабскими названиями – ярчайшие звезды Ориона Ригель («аль-ридждл», «нога») и Бетельгейзе («яд аль-джауза», «рука великого», по нынешним представлениям о форме этого созвездия она находится на месте подмышки), Альтаир («ат-тахир», «летающий»), самая яркая звезда в созвездии Орла, и переменчивая звезда Алголь («аль-гуль», собственно, «гуль»), вторая по яркости в созвездии Персея – она словно мигающий глаз окровавленной отрубленной головы Медузы Горгоны, которую Персей держит в руке. В категории менее знаменитых – две самые яркие звезды созвездия Весов, которые, правда, в те времена, когда астролябия была в зените славы, относились к Скорпиону: это Зубен аль-Генуби («Аз-Зубан аль-Януби», «южная клешня») и Зубен аль-Шемали («Аз-Зубан аш-Шамали», «северная клешня») – самые длинные дошедшие до нас названия звезд.

После XI века исламский мир еще ни разу не возвращал себе то научное влияние, которым он обладал в предшествовавшие четыре столетия. Покойный пакистанский физик Абдус Салам, первый мусульманин, получивший Нобелевскую премию, сокрушался:

Нет никаких сомнений, что именно в мусульманских странах из всех цивилизаций на планете наука слабее всего. Опасности, которые таит в себе подобная слабость, невозможно переоценить, поскольку в условиях нашей эпохи достойное существование общества прямо зависит от могущества науки и техники.

*(Hassan and Lui 1984, p. 231)*

\* \* \*

Периоды научной плодовитости случались и у многих других стран и народов. Вспомнить хотя бы Британию и точку отсчета долгот на Земле. Нулевой меридиан – это линия, отделяющая на глобусе географический запад от востока. Нулевой он потому, что его долгота – ноль градусов, и он делит пополам основание телескопа в Гринвичской обсерватории, в лондонском боро на южном берегу реки Темзы. Эта линия проходит

не через Нью-Йорк, Москву или Пекин. Именно Гринвич был выбран в 1884 году на Международной меридианной конференции в Вашингтоне.

К концу XIX века астрономы из Королевской Гринвичской обсерватории, основанной в 1675 году (нет нужды упоминать, что находится она в Гринвиче), накопили данные о точных позициях нескольких тысяч звезд за сто с лишним лет. Гринвичские астрономы пользовались довольно заурядным, однако сделанным по особому проекту телескопом, который мог перемещаться по меридиональной дуге, соединяющей север и юг через зенит наблюдателя. Поскольку они не отслеживают общее движение звезд с востока на запад, то просто дрейфуют вместе с вращением Земли. Такой телескоп, носящий официальное название «пассажный инструмент», дает возможность отметить точное время, когда та или иная звезда пересекает поле зрения наблюдателя. Зачем это делать? «Долгота» звезды на небосклоне – это время на звездных часах в момент, когда звезда пересекает твой меридиан. Сегодня мы сверяем свои часы с атомными часами, однако когда-то не было хронометра более точного, чем вращение самой Земли. И не было лучшего показателя вращения Земли, чем медленно проплывающие над головой звезды. И никто не измерял положение проплывающих звезд точнее астрономов из Королевской Гринвичской обсерватории.

В XVII–XVIII веках Британия потеряла много кораблей из-за промахов в навигации, которые приводили к тому, что рулевые не знали свою долготу с достаточной точностью. Самая масштабная трагедия произошла в 1707 году, когда британский флот под командованием вице-адмирала сэра Клаудесли Шовелла сел на мель у островов Силли к западу от Корнуолла, потеряв четыре судна и две тысячи человек. У Англии появился стимул к действию, и она учредила наконец Комиссию долгот, которая предложила щедрую награду – 20 000 фунтов – первому, кто создаст хронометр, которым можно пользоваться в открытом океане. Конечно, подобному устройству было суждено сыграть главную роль и в военном деле, и в коммерции. Такой хронометр, синхронизированный с гринвичским временем, позволял очень точно определить долготу судна. Надо было лишь вычесть местное время, которое прекрасно определялось по положению Солнца или звезд, из времени, которое показывал хронометр. Разность и была точным показателем долготы к востоку или к западу от нулевого меридиана.

В 1735 году задание Комиссии долгот было выполнено. Результатом стали портативные, с ладонь размером, часы, которые изобрел и собрал

английский механик Джон Гаррисон. Навигаторы сочли, что хронометр Гаррисона ничуть не менее ценен, чем живой человек, стоящий на часах на баке, – собственно, у слова «часовой» появился новый оттенок значения.

Поскольку Англия всячески поддерживала достижения в астрономических и навигационных наблюдениях, именно Гринвич заслужил право считаться нулевым меридианом. Благодаря этому решению автоматически получилось так, что международная линия перемены даты, которая находится в 180 градусах от нулевого меридиана, оказалась в пустоте, посреди Тихого океана на противоположной стороне глобуса. Потому-то на свете нет ни одной страны, в разных частях которой всегда были бы две разные даты. Ни одна страна не отстает сама от себя по календарю.

\* \* \*

Если англичане навсегда оставили свой след в пространственных координатах на глобусе, основу системы исчисления времени – солнечный календарь – заложила римско-католическая церковь, под эгидой которой тоже велись некоторые научные исследования. Церковь побудила к этому не сама по себе жажда астрономических открытий, а стремление удержать дату Пасхи где-то в районе ранней весны. Это было так важно, что папа Григорий XIII основал Ватиканскую обсерваторию, где работали высокообразованные монахи-иезуиты, которые измеряли ход времени с непревзойденной точностью. Было решено, что Пасха приходится на первое воскресенье после первого полнолуния после весеннего равноденствия (для того чтобы Великий четверг, Страстная пятница и Пасхальное воскресенье никогда не попадали на какие-то особые дни по чужим лунным календарям). Это правило действует, если первый день весны приходится на март, где ему самое место. Однако юлианский календарь, который ввел еще Юлий Цезарь в Риме, оказался до того несовершенен, что к XVI веку в нем накопилось десять лишних дней, отчего первый день весны приходился на первое апреля, а не на двадцать первое марта. Високосный год, то есть каждый четвертый год, когда добавлялся дополнительный день, отличительная черта юлианского календаря, с течением столетий слишком сильно корректировал время и сдвигал Пасху все позднее и позднее.

В 1582 году, когда все исследования и подсчеты были закончены, папа Григорий убрал из юлианского календаря 10 никому не нужных дней,

и по его распоряжению после 4 октября наступило сразу 15 октября. С тех пор церковь ввела следующую поправку: в каждый год, знаменующий конец столетия и не делящийся нацело на 400, дополнительный день не добавляется, хотя на самом деле этот год должен был быть високосным, и тогда лишние дни накапливаться не будут. Новый – григорианский – календарь в XX веке был еще раз откорректирован и стал еще точнее, так что ваш настенный календарь будет точным и через десятки тысяч лет. Так точно время еще никто не отсчитывал. Государства, враждебные католической церкви, например протестантская Англия и ее мятежные отпрыски – американские колонии, – не спешили принять эти перемены, однако в конечном итоге весь цивилизованный мир, в том числе и культуры, традиционно опиравшиеся на лунные календари, стали считать григорианский календарь стандартным для всех международных сношений – и в коммерции, и в политике.

\* \* \*

Вклад европейцев в научно-технический прогресс западной культуры начиная с зари промышленной революции столь велик и столь всеобъемлющ, что его можно заметить лишь со стороны: большое видится на расстоянии. Промышленная революция стала настоящим прорывом в нашем понимании энергии, и инженеры получили возможность изобретать невероятные способы преобразования одного вида энергии в другой. Результатом этой революции стала замена человеческой рабочей силы машинами, что в несколько раз повысило производительность труда в масштабах целых стран и впоследствии стало основой распределения богатства в мире.

Лексикон энергетики богат именами ученых, которые внесли свой вклад в ее изучение. В честь шотландского инженера Джеймса Ватта, усовершенствовавшего в 1765 году паровую машину, дано название физической величине, которая лучше всего известна даже за пределами научно-инженерных кругов. Практически на каждой электрической лампочке напечатан или его инициал, или фамилия целиком. Мощность лампочки в ваттах отражает темп потребления энергии, что связано с яркостью лампочки. Над усовершенствованием паровой машины Ватт работал, когда служил в Университете Глазго, который тогда был одним из самых плодотворных центров изобретательства в мире.

Английский физик Майкл Фарадей в 1831 году открыл

электромагнитную индукцию – и это позволило создать первый электромотор. И то, что в его честь назвали фарад – меру способности устройства накапливать электрический заряд, – пожалуй, не слишком щедрая награда за такой огромный вклад в науку.

Немецкий физик Генрих Герц открыл в 1888 году электромагнитные волны, что сделало возможным радиосвязь, и его имя увековечено в названии единицы частоты и в ее метрических производных – «килогерц», «мегагерц», «гигагерц».

В честь итальянского физика Алессандро Вольты назван вольт, единица электрического потенциала. В честь французского физика Андре-Мари Ампера – единица электрического тока ампер. В честь английского физика Джеймса Прескотта Джоуля – джоуль, единица энергии. Перечислять можно еще долго.

Если не считать Бенджамина Франклина и его неустанные эксперименты с электричеством, американцы наблюдали этот плодотворный период в истории достижений человечества со стороны, поскольку были заняты – добивались независимости от Англии и строили экономику, основанную на рабовладении. Лучшее, что мы можем сделать сегодня, – это воздать промышленной революции должное в оригинальном «Звездном Пути». Шотландия – колыбель промышленной революции и родина главного инженера космического корабля «Энтерпрайз». Как его зовут? Разумеется, Скотти.

В конце XVIII века промышленная революция шла уже полным ходом – и Великая французская революция тоже. Французы воспользовались случаем и избавились не только от аристократии, они еще и ввели метрическую систему, чтобы стандартизировать целое болото разрозненных мер и весов, в котором вязли и наука, и торговля. Члены Французской Академии наук первыми в мире занялись изучением формы земного шара и гордо провозгласили, что это удлиненный сфероид. На основании этих знаний они определили метр как одну десятимиллионную расстояния по поверхности Земли от северного полюса до экватора через – что бы вы думали? – Париж. Эта мера длины была стандартизирована как расстояние между двумя рисками на особом бруске из платиново-иридиевого сплава. Французы изобрели и многие другие десятичные стандарты, которые (за исключением десятичного угла и десятичного времени) в конечном итоге переняли все цивилизованные страны в мире, кроме США, западноафриканской страны Либерии и политически нестабильной тропической страны Мьянма. Первые артефакты этой кампании за десятичную систему хранятся

в Международном бюро мер и весов, расположенном, естественно, в предместье Парижа.

\* \* \*

С конца 30-х годов XX века США стали центром разработок в области ядерной физики. Интеллектуальный капитал Америки существенно прирос из-за исхода ученых из фашистской Германии. Однако финансовый капитал шел из Вашингтона, поскольку правительство стремилось опередить Гитлера и первыми создать атомную бомбу. Работа над ней получила название «Манхэттенский Проект», поскольку первые исследования велись на Манхэттене, в Лаборатории им. Пупина при Колумбийском университете.

Вложения в науку, сделанные во время войны, оказали на сообщество физиков-ядерщиков самое благотворное воздействие и в мирное время. С 30-х до 80-х годов XX века именно американские ускорители были самыми мощными и производительными в мире. Ускорители – гоночные трассы для частиц, позволяющие разглядеть фундаментальную структуру и исследовать поведение вещества. В них создаются лучи субатомных частиц, которые разгоняются до околосветовых скоростей в тщательно выстроенном электрическом поле, налетают на другие частицы и разносят их в клочки. Потом физики разбирают эти клочки и таким образом находят признаки существования самых разных новых частиц, а иногда даже открывают новые физические законы.

Американские физические лаборатории стяжали заслуженную славу. Даже те, кто от природы не разбирается в физике, слышали о самых известных – это Лос-Аламос, Ливерморская национальная лаборатория имени Лоуренса, Брукхейвенская лаборатория, Национальная лаборатория имени Лоуренса в Беркли, Фермилаб, Окриджская национальная лаборатория. В этих лабораториях ученые открывали новые частицы, получали новые химические элементы, дополняли недавно возникшую «стандартную модель» элементарных частиц и за все это получали целую коллекцию Нобелевских премий.

Американский след в этой эпохе в истории физики навеки запечатлен в нижних строках таблицы Менделеева. Элемент номер 95 называется америций, номер 97 – берклий, номер 98 – калифорний, номер 103 – лоуренсий, в честь американского физика Эрнеста Орландо Лоуренса, изобретателя первого ускорителя частиц, а номер 106 – сиборгий, в честь

Гленна Теодора Сиборга, американского физика, в чьей лаборатории при Калифорнийском университете в Беркли открыли десять новых элементов тяжелее урана.

\* \* \*

Чем больше ускоритель, тем выше энергия, которую в нем можно получить, посягая на стремительно отступающую границу между известным и неизвестным во Вселенной. Космологическая теория Большого Взрыва предполагает, что когда-то Вселенная была очень маленьким и очень горячим болотом из высокоэнергичных субатомных частиц. Построив мощный коллайдер («сталкиватель») частиц, ученые могли бы воссоздать условия, существовавшие в первые мгновения жизни нашего космоса. В 80-е годы прошлого века, когда американские физики предложили создать такой ускоритель (впоследствии его называли «Сверхпроводящий Суперколлайдер»), конгресс был готов его финансировать, а министерство энергетики – шефствовать над ним. Создали проект. Началось строительство. В Техасе прорыли кольцевой туннель окружностью в 87 километров (это как окружность города Вашингтона). Физики сгорали от нетерпения, когда же можно будет заглянуть за очередной космический рубеж. Однако в 1993 году стало невозможно отслеживать перерасход средств, конгрессу надоели фискальные сложности, и он отозвал 11 миллиардов, выделенные на проект. Нашим народным избранникам, наверное, и в голову не приходило, что, отказавшись от Суперколлайдера, они заставили Америку уступить пальму первенства в экспериментальной физике частиц.

Если хотите заглянуть за очередной космический рубеж, покупайте билет на самолет и отправляйтесь в Европу, которая воспользовалась случаем и решила построить крупнейший в мире ускоритель частиц – и стать первопроходцем в краях познаний о космосе. Этот ускоритель будет называться Большой адронный коллайдер (БАК) и строится под эгидой Европейского центра ядерных исследований, больше известного под аббревиатурой ЦЕРН, которое уже не вполне соответствует его полному названию. (На момент выхода в свет этой книги в 2007 году БАК еще не был запущен. Церемония его открытия состоялась в октябре 2008 года. – *Прим. перев.*) Америке придется наблюдать за работой БАК издалека, как когда-то другим странам приходилось наблюдать за ней, – хотя в проекте участвуют и многие американские физики.

## Глава тридцать восьмая

### Да будет тьма

Среди прочих научных дисциплин астрофизика – чемпион по смирению. Поразительная ширь и глубина Вселенной изо дня в день заставляет сдуться наше самомнение, мы постоянно зависим от прихотей неконтролируемых сил. Выдастся всего-навсего пасмурный вечерок – каприз погоды, который не помешает никаким другим начинаниям, – и мы не сможем делать наблюдения на телескопе, одна ночь работы которого может стоить и двадцать тысяч долларов безо всяких скидок на погоду. Мы – пассивные наблюдатели космоса, мы собираем данные о тайнах природы, приноравливаясь к тому, где, когда и как природа их открывает. Чтобы познать космос, нужны какие-то окна во Вселенную – и чтобы эти окна не были затянуты туманом, замазаны краской или заляпаны грязью. Однако распространение так называемой цивилизации, а следовательно – вездесущего технического прогресса в целом, мешают решить эту задачу. Если мы ничего не сделаем, люди скоро потопят Землю в фоновом свечении и всякий доступ к рубежам космических открытий окажется перекрыт.

Преобладающая и самая очевидная форма астрономического загрязнения – это уличное освещение. Его постоянно видно с борта самолета во время ночных перелетов, а значит, фонари освещают не только улицы поблизости, но и остальную Вселенную. Особенно вредны ничем не прикрытые уличные фонари – то есть, фонари без направленных вниз абажуров-отражателей. Если местные власти устанавливают светильники, обладающие подобными недостатками, им приходится покупать лампы большей мощности, поскольку половина света от них уходит вверх. Растроченный впустую свет, направленный в ночное небо, и делает большую часть участков на поверхности Земли непригодными для астрономических исследований. В 1999 году участники симпозиума «Сохраним астрономическое небо» с полным правом оплакивали утрату темного неба в масштабах всего земного шара. В одной статье утверждается, что неэкономное освещение обходится Вене в 720 000 долларов в год, Лондону – в 2,9 миллиона, Вашингтону – в 4,2 миллиона, а Нью-Йорку – в 13,6 миллионов (Sullivan and Cohen 1999, pp. 363–368). Обратите внимание, что Лондон, население которого примерно равно населению Нью-Йорка, при всей своей неэкономности почти в пять раз экономнее последнего.

Беда астрофизика состоит не только в том, что свет уходит в космос, но и в том, что в нижних слоях атмосферы содержится смесь водяного пара, пыли и загрязняющих веществ, которые отталкивают некоторые фотоны, стремящиеся вверх, обратно на землю, отчего небо начинает светиться в том же диапазоне, что и огни ночного города. Города светятся все ярче, тусклые космические объекты видны все хуже, так что горожанам доступ во Вселенную оказывается перекрыт.

Трудно преувеличить масштаб этого явления. Включите в темной комнате карманный фонарик и направьте его на противоположную стену – и вы разглядите его луч безо всяких усилий. Однако попробуйте включать все более ярко верхний свет – и сами убедитесь, что разглядеть луч все труднее и труднее. Если небосклон загрязнен посторонним светом, то расплывчатые космические объекты вроде комет, туманностей и галактик становится очень трудно или вовсе невозможно заметить. Я в жизни не видел галактику Млечный Путь в черте Нью-Йорка, а я здесь родился и вырос. Если смотреть в ночное небо с залитой светом Таймс-сквер, различишь разве что десяток-другой звезд – а ведь в те дни, когда по городу бродил последний генерал-губернатор Новых Нидерландов Питер Стейвесант, с того же самого места было видно несколько тысяч звезд. Неудивительно, что у древних был так развит культ ночного неба, а у современных народов, ничего не знающих о ночном небе, так развит культ вечернего телевизора.

Распространение электрического освещения в городах в XX веке привело к возникновению техногенной дымки, которая заставляла астрономов строить горные обсерватории подальше от окраин городов и удаляться для этого в уединенные уголки – на Канарские острова, в чилийские Анды, на вулкан Мауна-Кеа на Гавайях. Важное исключение – Национальная обсерватория Китт-Пик в Аризоне. Астрономы не стали отступать под натиском города Тусона, который становился все больше и ярче, а окопались и дали бой. Победа далась им неожиданно легко – оказывается, нужно было всего-навсего убедить горожан, что они тратят на уличное освещение неоправданно много своих собственных денег. В результате город получил экономичные фонари, а астрономы – темное небо. Постановление № 8210 Кодекса уличного освещения графства Тусон-Пима наталкивает на мысль, что в тот момент, когда его принимали, и мэр, и шеф полиции, и начальник тюрьмы были астрономами. В разделе 1 сформулирована цель постановления:

Цель настоящего Кодекса – задать такие стандарты уличного

освещения, чтобы они без особой необходимости не препятствовали астрономическим наблюдениям. Задача настоящего Кодекса – посредством урегулирования типов, видов, конструкции, установки и применения устройств, систем и методов электрического освещения улиц добиться экономии энергии без ухудшения безопасности, удобства, надежности и продуктивности и при этом сделать более приятным пребывание в ночное время на территории, находящейся в нашей юрисдикции.

А после 13 следующих разделов, где приводятся жесткие правила и нормы, диктующие горожанам, какие виды уличного освещения следует предпочитать, а каких избегать, начинается самое интересное – раздел 15:

Нарушение любого предписания настоящего Кодекса кем бы то ни было является административным нарушением. По каждому следующему дню нарушения выдвигается отдельное обвинение.

Как видите, стоит лишь посветить на телескоп, и мирный гражданин превращается в сущего Рэмбо. Думаете, я преувеличиваю? Существует особая организация, которая протестует против направленного вверх света во всем мире – Международная ассоциация борцов за темное небо. У этой Ассоциации весьма красноречивый девиз, напоминающий фразу, написанную на патрульных автомобилях полицейского управления Лос-Анджелеса: «За качественное уличное освещение как средство беречь и сохранять ночную атмосферу и темное небо, доставшееся нам от предков». И члены ее, будто полицейские, придут к вам, стоит вам нарушить закон.

Это я знаю не понаслышке. Они и ко мне приходили. Не прошло и недели с того дня, как Роузовский Центр Земли и Космоса открыл свои двери для посетителей, как я получил письмо от генерального директора Ассоциации, где меня распекали за то, что в тротуар перед входом вмонтированы лампы, которые светят вверх.

Нас обвинили вполне справедливо: в площадку перед Центром и правда вмонтировано сорок ламп (правда, очень малой мощности), которые подчеркивают и освещают гранитную арку у входа. Эти лампы отчасти функциональны, отчасти декоративны. Целью письма было не свалить вину за плохие условия для астрономических наблюдений

во всем городе Нью-Йорке на эти жалкие лампочки, а указать, что Планетарий имени Хейдена должен подавать всему миру хороший пример. Стыдно признаться, но лампы мы так и не убрали.

Однако не все зло на планете имеет искусственное происхождение. Яркости полной Луны вполне хватает, чтобы сократить число звезд, видимых невооруженным глазом, с нескольких тысяч до нескольких сотен. И в самом деле, полная Луна более чем в 100 000 раз ярче самых ярких ночных звезд. А законы отражения делают полную Луну более чем в десять раз ярче, чем полумесяц. Сияние Луны сильно сокращает и количество метеоров, которые видно во время метеоритных дождей, независимо от того, где именно на Земле их наблюдаешь, хотя облака, конечно, мешают гораздо сильнее. Так что никогда не желай астроному, направляющемуся к большому телескопу, полюбоваться полной Луной. Правда, приливные силы Луны создают лужицы и озерца, остающиеся на суше после отлива, и другие недолговечные экосистемы, которые в свое время поспособствовали переходу от морской к сухопутной жизни и в конечном итоге обеспечили человеку возможность развиваться и процветать. Если бы не эта мелочь, большинство астрономов-наблюдателей, особенно космологов, были бы только рады, если бы никакой Луны и вовсе не было.

Несколько лет назад мне позвонила одна дама-маркетолог, которая хотела спроецировать на Луну логотип своей компании. Она желала знать, что для этого нужно сделать. Сначала я в сердцах бросил трубку, но потом все-таки перезвонил этой даме и вежливо объяснил, почему это не слишком удачная мысль. Были и другие руководители разных компаний, которые спрашивали меня, как вывести на орбиту светящиеся баннеры шириной в милю с броскими рекламными слоганами – примерно как вычерчивают в небе слова разноцветным дымом и прицепляют флаги к самолетам на разных спортивных состязаниях или над океаном возле многолюдных пляжей. Я всегда грожусь натравить на них световую полицию.

Неочевидная связь современного образа жизни с загрязнением светом распространяется и на другие части электромагнитного спектра. Следующими в зону риска попадают радиоволновые окна в космос, в том числе микроволновое излучение. В наши дни мы буквально затоплены сигналами устройств, испускающих радиоволны, – это и сотовые телефоны, и пульты для гаражных дверей, и пищалки ключи, которые открывают и запирают машины, и радиорелейные станции, и радио- и телепередатчики, и рации, и полицейские радары, и GPS, и сети спутниковой коммуникации. Наше радиоволновое окно во Вселенную

затянуто этим техногенным туманом. А немногие оставшиеся чистые полосы в радиодиапазоне становятся все уже и уже, поскольку технологический образ жизни захватывает все больше и больше радиотерриторий. Выявлять и изучать слабо излучающие космические объекты стало трудно как никогда.

В последние полвека радиоастрономы сделали множество замечательных открытий – обнаружили пульсары, квазары, молекулы в космическом пространстве и реликтовое микроволновое излучение – первое доказательство, что Большой Взрыв действительно был. Однако такие слабые радиосигналы заглушает даже беспроводная телефонная связь: современные радиотелескопы до того чувствительны, что разговор по рации между двумя астронавтами на Луне был бы одним из ярчайших источников на радио-небосклоне. А если бы у марсиан были сотовые телефоны, мощнейшие из наших радиотелескопов засекли бы и их без особого труда.

Федеральная комиссия по связи с вниманием относится к многочисленным, настоятельным и зачастую противоречивым требованиям различных слоев общества к радиоспектру. Оперативная группа по спектральной политике при Федеральной комиссии по связи пересматривает политику использования электромагнитного спектра с целью повысить гибкость и производительность. Председатель Комиссии Майкл К. Пауэлл в интервью «Вашингтон Пост» 19 июня 2002 года сказал, что хочет изменить основной принцип Комиссии – перестать «командовать и контролировать» и выработать подход, ориентированный на рынок. Еще Комиссия будет следить за тем, как распределяются полосы радиодиапазона и не будут ли разные полосы интерферировать друг с другом.

Американское астрономическое общество, профессиональная организация астрофизиков США, со своей стороны, призвало своих членов быть такими же бдительными, как члены Международной ассоциация борцов за темное небо (лично я всячески приветствую подобную позицию), и убеждать тех, кто отвечает за политику распределения радиочастот, оставить некоторые полосы нетронутыми для астрономических нужд. Если позаимствовать понятия и лексикон у негибаемых «зеленых», эти полосы следует считать «электромагнитными нетронутыми землями» или «электромагнитным национальным парком». Чтобы исключить интерференцию, географические районы вокруг защищенных обсерваторий также должны быть очищены от любых радиосигналов искусственного происхождения.

Самая серьезная проблема, вероятно, состоит в том, что чем дальше находится исследуемый объект от Млечного Пути, тем больше длина волны и ниже частота его радиосигнала. Это явление – космологический эффект Доплера – и есть главное доказательство расширения Вселенной. Поэтому на самом деле невозможно выделить отдельный диапазон «астрофизических» частот и решить, что в это окно видно весь космос от ближайших галактик до краев наблюдаемой Вселенной. Битва за тьму продолжается.

На сегодняшний день строить телескопы для изучения любых частей электромагнитного спектра лучше всего на Луне. Причем на той стороне, которая не обращена к Земле. Если поставить их на видимой стороне Луны, будет даже хуже, чем если смотреть с поверхности Земли. С видимой стороны Луны Земля в тринадцать раз больше и примерно в пятьдесят раз ярче, чем Луна, если смотреть на нее с Земли. К тому же Земля никогда не заходит. Наверное, вы и сами уже сообразили, что непрерывный щебет коммуникационных сигналов делает Землю еще и самым ярким объектом на радиоволновом небосклоне. А рай для астронома находится, наоборот, на обратной стороне Луны, где Земля никогда не восходит, навеки погребенная за горизонтом.

Поскольку телескопам, выстроенным на обратной стороне Луны, Земля нигде не будет закрывать обзор, их можно будет направить в любую сторону, не рискуя испортить данные из-за электромагнитных эманаций Земли. Но и это еще не все – ночь на Луне длится почти 15 земных дней, что даст астрономам возможность наблюдать объекты на ночном небе сутками напролет, гораздо дольше, чем удастся с Земли. А поскольку у Луны нет никакой атмосферы, наблюдения с лунной поверхности ничем не хуже наблюдений с земной орбиты. Космическому телескопу им. Хаббла придется уступить свое почетное место и скромно отодвинуться.

Более того, поскольку на Луне нет атмосферы и свет не рассеивается, небо на Луне и днем почти такое же темное, как и ночью, так что все любимые звезды прекрасно видны даже неподалеку от солнечного диска. Трудно найти другое такое незагрязненное место.

Беру назад свои язвительные замечания в адрес Луны. Может быть, наша небесная соседка скоро станет лучшей подружкой астронома.

## Глава тридцать девятая

### Голливудские ночи

Нет лучше способа взбесить завязтого киномана, чем усадить на сеансе рядом с ним какого-нибудь не в меру образованного приятеля, который не сможет держать язык за зубами и будет весь фильм нудить про то, почему книжка лучше. Такие личности только и делают, что болтают о том, что-де в романе и персонажи многограннее, и сюжет логичнее. По-моему, лучше бы им сидеть дома и дать нам, нормальным людям, спокойно посмотреть кино. Мне кажется, это вопрос чисто экономический: посмотреть фильм дешевле и быстрее, чем купить и прочитать книгу, по которой он снят. Поскольку подобное мнение недостойно интеллигентного человека, мне стоило бы помалкивать всякий раз, когда я замечаю антинаучные ошибки в сюжете или декорациях фильма. Но я не молчу. Иногда я раздражаю соседей по кинозалу не хуже отпетого книжного червя. С течением лет я собрал коллекцию особо вопиющих ошибок в голливудских фильмах, где действие происходит в космосе либо так или иначе связано с ним. И мне обязательно нужно кому-то о них рассказывать.

Оговорюсь: мой список состоит вовсе не из киноляпов. Киноляп – это ошибка, которую случайно пропустил продюсер или редактор и которую обычно легко исправить. Астрофизические ошибки, о которых я поведу речь, появились в киноповествовании по воле создателей и свидетельствуют о крайнем невнимании к деталям, которые было бы совсем несложно уточнить. Более того, осмелюсь предположить, что все эти сценаристы, продюсеры и режиссеры не прослушали в своих университетах даже элементарного курса астрономии.

Начнем с самого низа списка.

В конце фильма «Черная дыра» (студия «Дисней», 1979 год) – кстати, этот фильм у многих, в том числе и у меня, значится в списке десяти худших фильмов – космический корабль, похожий на творения Уэллса, теряет управление и падает в черную дыру. Казалось бы, заветная мечта любого мастера спецэффектов! Посмотрим, как мастера справились с задачей. Что произошло с кораблем и командой? Их разорвало растущими приливными силами гравитации, как сделала бы настоящая черная дыра? Ничего подобного. Была ли хоть одна попытка показать релятивистское замедление времени, в том виде, как его предсказал Эйнштейн – когда вокруг обреченной команды пронеслись бы миллиарды лет эволюции

Вселенной, а сами астронавты постарели бы при этом на несколько тик-таков наручных часов? Ничего подобного. Правда, на экране все же появился вращающийся диск притянутого черной дырой газа. Это хорошо. Черные дыры примерно так и поступают с газом, который на них падает. Но вырывались ли с обеих сторон от аккреционного диска продолговатые протуберанцы из вещества и энергии? Ничего подобного. Что произошло с кораблем, когда он прошел сквозь черную дыру? Его вышвырнуло в другое время? В другую часть Вселенной? Вообще в другую Вселенную? Ничего подобного. Вместо того чтобы ухватиться за идеи, перспективные с точки зрения кинематографа и оправданные с точки зрения науки, сценаристы описали недра черной дыры как сырую пещеру, всю в сталактитах и сталагмитах, как будто мы пошли на экскурсию в нижнюю часть Карлсбадских Пещер, где жарко и влажно.

Многие считают, что подобные сцены – проявления поэтической природы режиссера, художественный вымысел, который дает ему право на любые, самые безумные фантазии, не имеющие отношения к подлинной Вселенной. Однако, если учесть, какие эти сцены нелепые, скорее нужно считать их проявлением научного невежества режиссера. А если бы, предположим, существовало понятие «научного вымысла» и ученый, задумав нарисовать картину, тоже получал бы право игнорировать фундаментальные законы изобразительного искусства? И вот, например, ученый взялся бы писать обнаженную натуру и пририсовал бы своей модели три груди, по семь пальцев на ногах и ухо вместо носа. Впрочем, не будем впадать в крайности: представьте себе, что ученые рисовали бы людей с коленками, которые сгибаются в другую сторону, или искажали бы пропорции рук и ног? Или из этого получилось бы новое направление в изобразительном искусстве, вспомним хотя бы Пикассо с его портретами, где у всех лица как камбала, или профессиональные художники отправили бы нас, ученых, в начальные классы художественной школы, на курс общей анатомии.

Что именно – художественный вымысел или невежество – заставило автора одной картины, висящей в Лувре, написать круглую поляну, обсаженную высокими прямыми деревьями, так, что все тени от деревьев падают к центру поляны? Неужели художник никогда не обращал внимания, что тени от вертикальных предметов, когда источник света всего один, всегда параллельны? Художественный вымысел или невежество заставляет практически всех художников, рисуя Луну, изображать или полнолуние, или лунный диск? Ведь Луна половину времени не полная и не половинка! Что рисуют художники – что видят или что желают

увидеть? Когда Фрэнсис Форд Коппола в 1987 году снимал свой фильм «Тот, кто меня бережет», его оператор звонил мне проконсультироваться, где и когда лучше всего заснять восход полной Луны над Манхэттеном. Когда я предложил ему снять Луну в первой четверти или растущую Луну перед полнолунием, он отнесся к этому безо всякого энтузиазма. Ему годилось только полнолуние.

Впрочем, сколько бы я ни брюзжал, нужно признать, что без художественного вымысла мировое культурное наследие было бы беднее. Помимо всего прочего, мы не досчитались бы экспрессионизма и кубизма. Однако хороший художественный вымысел тем и отличается от плохого, что художник сначала собирает все необходимые сведения, а уже потом начинает творить. Лучше всех, пожалуй, об этом сказал Марк Твен:

Сначала раздобудьте факты, а потом уже искажайте их как вздумается.

*(1899, Vol. 2, Chap. XXXVII)*

В 1997 году при создании знаменитого фильма «Титаник» продюсер и директор Джеймс Кэмерон потратил много сил и средств не только на спецэффекты, но и на воссоздание роскошных интерьеров судна. От внимания мистера Кэмерона не ускользнула ни одна мельчайшая деталь – от бра на стенах до росписи на фарфоре и гравировки на столовом серебре: он постоянно изучал последние находки подводных археологов, добытые на затонувшем корабле с глубины почти четыре километра. Более того, он тщательно исследовал историю моды и общественных нравов, чтобы его герои одевались и вели себя по возможности так, как в 1912 году. Кэмерон знал и о том, что только три из четырех дымовых труб были связаны с двигателями, и сделал так, что дым на экране идет лишь из трех труб. У нас есть точные данные о том, как проходило первое плавание «Титаника» из Саутгемптона в Нью-Йорк, как все было в тот день и час, когда судно затонуло, мы знаем широту и долготу, где это произошло. Кэмерон и это тоже учел.

Казалось бы, при таком внимании к деталям Джеймс Кэмерон мог бы уделить несколько больше внимания тому, какие звезды и созвездия были видны на небе в ту роковую ночь.

Так нет же.

Звезды в небе над тонущим кораблем в кино не имеют никакого

отношения к реальным созвездиям. Хуже того: когда героиня качается на деревянной доске и напевает себе под нос в ледяной воде северной Атлантики, она смотрит прямо в небо – и нам показывают голливудские небеса, где звезды в правой половине экрана – зеркальное отражение звезд в левой половине. Нельзя же так лениться! Неужели правильная картина звездного неба пробила бы брешь в бюджете фильма?

Беда в том, что никто не узнает, правильные ли у Кэмерона узоры на фарфоре и гравировка на столовых приборах. Но при этом всего за пятьдесят долларов можно купить программу для домашнего компьютера, которая покажет, как выглядит самое настоящее небо в любое время суток в любой день любого года в любой точке Земли за последнюю тысячу лет.

Однако Кэмерону случается прибегать к художественному вымыслу весьма искусно и оправданно. После того, как «Титаник» тонет, зритель видит в воде множество людей, и живых, и мертвых. Разумеется, в безлунную ночь посреди океана ничего не видно даже на расстоянии вытянутой руки. Кэмерону пришлось добавить освещение, иначе никто не узнал бы, что было дальше. Свет этот мягкий, еле заметный, он не оставляет четких теней, которые предательски выдали бы несуществующий источник света.

У этой истории счастливый конец. Как известно многим, Джеймс Кэмерон – исследователь-любитель, который на самом деле очень ценит научные достижения. Одним из его исследовательских проектов и было погружение к «Титанику», а еще он много лет работал в Консультационном совете НАСА, а это серьезная заслуга. Не так давно, когда Кэмерон получил награду журнала «Wired» за любознательность и страсть к приключениям и прибыл на церемонию в Нью-Йорк, меня пригласили на обед с редколлегией журнала и самим Кэмероном. Лучшего случая открыть ему глаза на ошибки в «Титанике» я найти не мог. И нудел по этому поводу минут десять, после чего Кэмерон ответил: «Фильм собрал в мировом прокате больше миллиарда долларов. Только представьте себе, насколько больше прибыли мы бы получили, если бы я правильно снял ночное небо!»

Мне никогда еще не затыкали рот так вежливо и так окончательно. Я кротко вернулся к закускам, слегка смутившись, что вообще затронул эту тему. Прошло два месяца, и мне в планетарий позвонили. Это был специалист по компьютерной анимации из группы доработки фильма, работающий под руководством Джеймса Кэмерона. Он сказал, что при подготовке коллекционного издания «Титаника» некоторые сцены будут пересняты, а ему говорили, что я могу предоставить правильное

изображение ночного неба, которое можно будет использовать в новой версии. И, конечно, я сделал правильные изображения ночного неба со всех точек, откуда могли посмотреть на него герои Кейт Уинслет и Леонардо Ди Каприо, пока тонул «Титаник».

\* \* \*

Один-единственный раз в жизни я даже написал письмо с жалобой на астрофизическую ошибку: это было в 1991 году, когда я посмотрел романтическую комедию «Лос-Анджелесская история», сценаристом и продюсером которой был Стив Мартин. В этом фильме Мартин показывает при помощи фаз Луны течение времени: на экране она из полумесяца превращается в полную. Этот факт всячески обыгрывается. Луна появляется в небе каждую ночь. Я всячески приветствую то, что Мартин привлек в сюжет Вселенную, просто эта его голливудская Луна росла не в ту сторону. К северу от экватора, в том числе и в Лос-Анджелесе, освещенная часть Луны увеличивается справа налево.

Когда Луна видна как тонкий серп, Солнце находится от нее на 20–30 градусов правее. По мере того как Луна обходит Землю, угол между ней и Солнцем увеличивается, поэтому освещается все больше и больше видимой поверхности Луны и при фронтальном освещении – угле в 180 градусов – достигает 100 %. Такая конфигурация Солнца, Луны и Земли бывает раз в месяц. Она называется сизигия или соединение и надежно обеспечивает полнолуние, а иногда – лунное затмение.

Луна у Стива Мартина росла слева направо. То есть наоборот.

Я написал мистеру Мартину очень вежливое и уважительное письмо, исходя из предположения, что он хочет знать, как все в космосе устроено на самом деле. Ответа я, увы, не получил, – однако я тогда был всего-навсего аспирантом, и у меня не было громкого титула, который привлек бы внимание мистера Мартина.

Даже в кино из жизни суровых летчиков-испытателей «Парни что надо!», снятом в 1983 году, не все было как надо. Мое любимое нарушение законов физики – это когда Чак Йигер, летчик, первым преодолевший звуковой барьер, поднимается на высоту 24 километра, поставив тем самым новый рекорд не только скорости, но и высоты. Дело происходит в пустыне Мохаве в Калифорнии, где вообще редко бывают облака, однако кинематографисты упустили это обстоятельство, и зрители, когда Йигер пронзает воздух, видят, как мимо стремительно проносятся пушистые,

белые высококучевые облака. Эта ошибка наверняка заставила поморщиться метеорологов, поскольку на самом деле такие облака никогда не встречаются в атмосфере Земли выше 6 километров.

Наверное, без этих визуальных опор было невозможно создать у зрителя нутряное ощущение скорости, с которой мчится самолет. Поэтому я понимаю, что двигало кинематографистами. Однако у режиссера фильма Филипа Кауфмана были и другие варианты – можно было использовать другие виды облаков, например, перистые облака или изумительно красивые серебристые облака, которые встречаются и на очень больших высотах. Надо же когда-то узнать, что и такое тоже бывает на свете.

В фильме «Контакт» (1997 год), основанном на одноименном романе Карла Сагана (1983 год), есть особенно обидный астрофизический ляпсус. (Фильм я видел, а книгу так и не прочитал. Но все, кто читал, твердят, разумеется, что книга гораздо лучше фильма.) В «Контакте» речь идет о том, что могло бы произойти, если бы люди обнаружили в галактике разумную жизнь и сумели наладить с ней контакт. Героиня Джоди Фостер, астрофизик и охотница за инопланетянами, произносит очень важную для фильма реплику, в которой содержится математическое противоречие. Когда они с бывшим священником в исполнении Мэтью Макконахи выясняют, что их нежные чувства взаимны – все происходит на фоне самого большого радиотелескопа в мире, – она произносит с нажимом: «Если в галактике 400 миллиардов звезд, и лишь на одной из миллиона есть планеты, и лишь на одной из миллиона этих планет есть жизнь, и лишь в одном случае на миллион она разумна, все равно у нас будут миллионы планет для исследования!»

Неверно. Если исходить из тех чисел, которые приводит героиня, планет с разумной жизнью будет 0,0000004, а это несколько меньше, чем «миллионы». Конечно, «один из миллиона» звучит с экрана гораздо эффектней, чем «один из десяти», но нельзя же так натягивать ответ в математической задаче!

Пассаж мисс Фостер – не неуместное упражнение в арифметике, а явная отсылка к знаменитому уравнению Дрейка, названному в честь астронома Фрэнка Дрейка, который первым вычислил вероятность найти в галактике разумную жизнь, опираясь на последовательность факторов, начиная с общего количества звезд в галактике. Вот почему эта сцена – одна из важнейших в фильме. Кто же виноват в такой промашке? Не сценаристы, хотя их слова были произнесены точь-в-точь. Я считаю, что виновата Джоди. Она – актриса, играющая главную роль, и поэтому

стоит на последнем рубеже обороны от ошибок, просочившихся в реплики, которые ей положено произносить. Поэтому ответственность лежит на ней. Мало того, если я ничего не путаю, она выпускница Йельского университета. Там наверняка учат арифметике.

В 70-е и 80-е годы XX века был очень популярен телесериал «Как вращается мир», где на заставке показывали рассвет, а под финальные титры закат, что, учитывая название сериала, было вполне уместным кинематографическим ходом. К сожалению, вместо рассвета показывали закат, пущенный задом наперед. Никто не взял на себя труд отметить, что в северном полушарии солнце всегда поднимается под углом направо от той точки на горизонте, где встает. И вечером опускается по небу наискосок – под углом направо. Рассвет в этой мыльной опере состоял в том, что Солнце, показавшись из-за горизонта, двигалось влево. Очевидно, создатели сериала заполучили пленку с закатом и, чтобы сделать заставку, пустили ее задом наперед. Либо они не любили рано вставать и не смогли поэтому заснять рассвет, либо снимали рассвет где-то в южном полушарии, а потом почему-то помчались в северное и сняли закат уже там. Если бы они спросили совета у местных астрофизиков, любой из нас порекомендовал бы, раз уж так хочется сэкономить деньги, показать закат не просто задом наперед, а еще и в зеркале. Так съемочной группе удалось бы угодить всем сразу.

Разумеется, непростительное невежество в области астрофизики простирается далеко за рамки телевидения, кино и картин в Лувре. Знаменитый потолок Центрального вокзала в Нью-Йорке словно бы парит высоко-высоко над головами бесчисленных деловитых пассажиров. Если бы архитекторы вообще не собирались делать его похожим на настоящий небосвод, я бы и ухом не повел. Но среди нескольких сотен звезд на этом холсте площадью добрый гектар содержится с десятков настоящих созвездий, прорисованных во всем их классическом великолепии, к тому же его пересекает Млечный Путь – именно там, где положено. Не говоря уже о том, что звездное небо почему-то зеленое – примерно в такой оттенок красили бытовую технику фирмы «Сирс» в пятидесятые, – небо расположено задом наперед. Да-да, задом наперед. Оказывается, в эпоху Возрождения это был обычный прием – тогда были в ходу глобусы небесных сфер. Но в таких случаях вы, зритель, стояли словно бы в каком-то воображаемом месте «снаружи» небосклона и смотрели вниз, а Земля находилась в центре глобуса. Это очень ловкий и наглядный прием, если сферы диаметром меньше вас, но для потолка в сорок метров в поперечнике он совсем не годится. При том, что все

звезды нарисованы наоборот, звезды в созвездии Орион по совершенно непостижимым причинам расположены традиционным, привычным для нас образом, и Бетельгейзе, и Ригель ориентированы как нужно.

Само собой, астрофизика – не единственная наука, по которой потоптались недостаточно осведомленные люди искусства. Натуралистов, должно быть, обижали даже чаще, чем меня. Прямо слышу, как они сокрушаются: «Это неправильная китовая песня, тот вид китов, который сняли в фильме, поет по-другому! В этих краях такие растения не растут! Эти горные породы никогда не встречаются на территориях с такими почвами! Подвид диких гусей, которые так кричат, вообще не водится на этих островах!» «Они думают, мы поверим, что клен даже зимой не опадает?!»

В следующей жизни я планирую открыть школу естественных наук для художников – пусть люди искусства получают дипломы, подтверждающие, что они осведомлены об устройстве мира природы. По окончании они получают право искажать действительность – но с умом, опираясь на подлинные знания, и это послужит их художественным творениям лишь на пользу.

Когда по экрану поплывут титры – режиссер, продюсер, художник-постановщик, оператор и все-все-все, кто там упомянут, с гордостью укажут, что состоят в обществе ИВИ – борцов за истину в искусстве.

**Часть VII**

**Наука и Бог**

*О столкновениях на путях познания*

## Глава сороковая

### В начале было...

[6]

Физика описывает поведение вещества, энергии, пространства и времени и их взаимодействие во Вселенной. Судя по всему, что сумели выяснить ученые, то, что делают друг с другом эти четыре главных героя космической драмы, определяет все химические и физические явления. Поэтому все фундаментальное, все знакомое нам, землянам, начинается с законов физики.

Передний фронт открытий почти во всех областях научных исследований, а особенно в физике, лежит в царстве эксперимента. При предельных состояниях вещества, например в окрестностях черной дыры, обнаруживаешь, что гравитация жестоко скручивает близлежащий пространственно-временной континуум. При предельно высоких энергиях поддерживается термоядерный синтез в недрах звезд, когда температура составляет десять миллионов градусов. И при любых мыслимых предельных состояниях обязательно получаешь те самые условия чудовищного жара и чудовищной плотности, которые преобладали во Вселенной в первые мгновения ее существования.

Мы рады сообщить, что никаких предельных физических состояний в повседневной жизни не наблюдается. Обычно по утрам, если все идет нормально, встаешь с постели, слоняешься по дому, что-то ешь, потом выбегаешь за дверь. Родные и близкие полностью рассчитывают на то, что к вечеру ты будешь выглядеть точно так же, как поутру, и вернешься домой целым и невредимым. А теперь представьте себе, что вы приходите на работу, в душный конференц-зал на важное совещание, назначенное на десять ноль-ноль, и вдруг разом теряете все свои электроны – или, хуже того, все атомы, составляющие ваш организм, разлетаются в разные стороны. Или, например, сидите вы в кабинете, стараетесь хоть что-то сделать при свете настольной лампы, и вдруг кто-то включает верхний свет, и от этого ваше тело начинает метаться по комнате, беспорядочно отражаясь от стен, пока вас не выносит в окно. Или вы после работы идете посмотреть соревнования по сумо – и видите, как два сферических господина сталкиваются, исчезают и ни с того ни с сего превращаются в два луча света!

Если бы подобные сцены разыгрывались изо дня в день, современная физика не казалась бы такой диковинной, познания о ее основах

естественным образом вытекали бы из нашего жизненного опыта, а наши родные и близкие ни за что не выпускали бы нас из дома на работу. А когда-то, в первые мгновения существования Вселенной, такое происходило сплошь и рядом. Чтобы представить себе и понять, как это было, есть лишь один способ – завести себе здравый смысл иного порядка, выработать иное интуитивное понимание того, как должны действовать законы физики при экстремальных температурах, плотностях и давлении.

Добро пожаловать в мир  $E = mc^2$ .

Версию своей знаменитой формулы Эйнштейн опубликовал в 1905 году в своей эпохальной статье под названием «К электродинамике движущихся тел». Понятия, выдвинутые в этой статье, известны как специальная теория относительности, и они навсегда изменили наши представления о пространстве и времени. Эйнштейну было тогда всего 26 лет. Подробнее он рассказал о своем аккуратненьком уравнении в отдельной и, что примечательно, совсем короткой заметке, которая вышла в свет в том же году – «Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии?» Чтобы избавить вас от штудирования этой статьи, организации эксперимента и проверки теории, поясню, что ответ – «Да».

Как писал Эйнштейн:

Если тело отдает энергию  $L$  в виде излучения, то его масса уменьшается на  $L/V^2$  (Здесь  $L$  – энергия,  $V$  – скорость излучения, то есть, скорость света, поэтому это выражение соответствует более привычной записи  $E/c^2$ . – *Прим. перев.*) ... Масса тела есть мера содержащейся в нем энергии; если энергия изменяется на величину  $L$ , то масса меняется соответственно...

*(Здесь и далее пер. под ред. И. Тамма)*

Эйнштейн не был вполне уверен, что это утверждение истинно, и затем предположил:

Не исключена возможность того, что теорию удастся проверить для веществ, энергия которых меняется в большей степени (например, для солей радия).

Итак, перед вами алгебраический рецепт на все случаи жизни, когда вам захочется преобразовать вещество в энергию или энергию в вещество. Этими простыми словами Эйнштейн невольно подарил астрофизикам вычислительный инструмент  $E = mc^2$ , который позволяет им заглянуть

из Вселенной в том виде, в каком она пребывает сейчас, глубоко в прошлое, в самое начало, когда с момента ее рождения миновали ничтожные доли секунды.

Самая известная форма энергии – это фотон, неделимая частица света, лишенная массы. В фотонах мы просто-таки купаемся – к нам долетают фотоны и с Солнца, Луны и звезд, и от газовой плиты, торшера и ночника. Почему же мы не сталкиваемся с  $E = mc^2$  ежедневно, на личном опыте? Энергия фотонов видимого света несравнимо меньше, чем энергия субатомных частиц с самой маленькой массой. Фотон не может ни во что превратиться, поэтому жизнь его течет счастливо, почти без потрясений.

Хотите приключений? Заведите себе компанию фотонов из гамма-лучей, у которых энергия уже нешуточная, по крайней мере в 200 000 раз больше, чем у видимых фотонов. Правда, вы довольно скоро заболите раком и умрете, зато успеете увидеть, как везде, где пробежали эти фотоны, возникают пары электронов и позитронов – частица со своей античастицей, одна из множества сладких парочек в субатомном мире. На ваших глазах эти электроны из царства вещества и антивещества будут сталкиваться, аннигилировать и снова создавать гамма-фотоны. Увеличьте энергию света еще в 2000 раз, и вот уже получились гамма-лучи, энергии которых хватит, чтобы превратить впечатлительного человека в Халка. Однако теперь у пар этих фотонов хватает энергии и на то, чтобы спонтанно создавать более массивные нейтроны, протоны и их античастицы.

Высокоэнергичные фотоны где попало не слоняются. Однако места их обитания лежат вовсе не в воображаемом мире. Гамма-лучам подходит любая обстановка, лишь бы температура там была выше нескольких миллиардов градусов.

То, что частицы и их энергетические запасы превращаются друг в друга, играет в космологии определяющую роль. В настоящее время температура расширяющейся Вселенной, вычисленная по наблюдениям микроволнового излучения, заполняющего все космическое пространство, составляет всего 2,73 градуса по Кельвину. Микроволновые фотоны, как и фотоны видимого света, недостаточно горячи и поэтому не могут претендовать на то, чтобы превратиться в частицу по закону  $E = mc^2$ ; строго говоря, мы еще не знаем ни одной частицы, в которую они способны спонтанно превратиться. Однако еще вчера Вселенная была чуть меньше и чуть теплее. А позавчера – еще меньше и еще теплее. Прокрутите стрелки часов еще немного назад, скажем, на 13,7 миллиарда лет, и попадете прямоком в первобытный бульон Большого Взрыва, во времена, когда

фоновая температура космоса была так высока, что представляла интерес для астрофизики.

То, как вели себя пространство, время, вещество и энергия по мере расширения и остывания Вселенной с самого ее начала – величайший эпос на свете. Однако, чтобы объяснить, что же происходило в этом космическом горниле, надо найти способ соединить четыре фундаментальные силы Вселенной в одну, а также способ примирить друг с другом две несовместимые области физики – квантовую механику (науку о малом) и общую теорию относительности (науку о большом).

Воодушевленные счастливым союзом квантовой механики и электромагнетизма, заключенным в середине XX века, физики наперегонки стремились наладить отношения между квантовой механикой и общей теорией относительности – создать теорию квантовой гравитации. До финишной прямой мы пока не добрались, зато точно знаем, где стоят барьеры: они находятся на границе «Планковской эпохи». Это фаза развития Вселенной с момента рождения до возраста  $10^{43}$  секунд и до того, как Вселенная достигла размера  $10^{35}$  метров в поперечнике. Немецкий физик Макс Планк, в честь которого и названы эти невообразимо малые величины, для которых даже нет подходящих числительных, в 1900 году ввел понятие кванта энергии и в целом считается отцом квантовой механики.

Однако тревожиться не о чем. Плохие отношения между гравитацией и квантовой механикой не сулят современной Вселенной особых сложностей. Астрофизики применяют принципы и инструментарий общей теории относительности и квантовой механики к совершенно разным классам задач. Однако в самом начале, в Планковскую эпоху, большое было малым, а следовательно, гравитация с квантовой механикой, по всей видимости, состояли тогда в близких, страстных, но недолговечных отношениях. Увы, мы до сих пор так и не узнали, какими клятвами обменялись они у алтаря, и поэтому нам не удастся сколько-нибудь достоверно описать поведение Вселенной во время этого краткого междуцарствия с помощью каких бы то ни было законов физики (из числа нам известных).

Однако к концу Планковской эры гравитация высвободилась из объятий других сил природы, по-прежнему объединенных, и добилась независимости, которую прекрасно описывают современные теории. Перевалив за рубеж  $10^{35}$  секунды, Вселенная продолжила расширяться и остывать, и объединенные силы раскололись на электрослабое и сильное ядерное взаимодействие. А еще позднее электрослабое взаимодействие

расколосось на электромагнитное и слабое ядерное взаимодействие, и так мы и получили четыре отдельные силы, которые знаем и любим: слабое взаимодействие контролирует радиоактивный распад, сильное взаимодействие связывает частицы в ядре атома, электромагнитное взаимодействие связывает атомы и молекулы, а гравитация – большие «куски» вещества. К этому времени Вселенной исполнилось всего одна триллионная секунды. Однако таинственные превращения сил и другие основополагающие события в жизни Вселенной уже снабдили ее фундаментальными качествами, каждое из которых достойно отдельной книги.

Пока Вселенная разменивала свою первую триллионную секунды, вещество с энергией находились в постоянном взаимодействии. Незадолго до этого, пока расставались сильное и электрослабое взаимодействие и сразу после, Вселенная представляла собой бурлящий океан кварков, лептонов, их антисобратьев, а также бозонов – частиц, которые обеспечивали их взаимодействие. Считается, что ни одно из этих семейств частиц не делится на что-либо меньшее и более элементарное. Хотя все эти частицы фундаментальны, у каждой есть несколько видов. Заурядный фотон видимого света – член семейства бозонов. Из лептонов лучше всех знакомы непосвященным электроны и, наверное, нейтрино, а из кварков... Увы, знакомых кварков у нас нет. Каждому подвиду кварков дано абстрактное название, не служащее никаким филологическим, философским и педагогическим целям – оно нужно лишь для того, чтобы различать их: верхний и нижний, странный и очарованный, прелестный и истинный.

Кстати, бозоны получили название просто-напросто в честь индийского ученого Шатъендраната Бозе. Слово «лептон» образовано от греческого «leptos» – «легкий» или «маленький». А вот у самого слова «кварк» происхождение сугубо литературное и гораздо более причудливое. Физик Мюррей Гелл-Манн, в 1964 году предположивший существование кварков, считал, что в их семействе всего три члена, и позаимствовал название из загадочной фразы из романа Джеймса Джойса «Поминки по Финнегану»: «Три кварка для Мастера Марка!» У кварков есть одно несомненное преимущество – все их названия просты, чего никогда не удается добиться химикам, биологам и геологам, когда они выдумывают названия объектам своих исследований.

Кварки – те еще фрукты. В отличие от протонов, каждый из которых несет электрический заряд +1, и электронов, у которых заряд –1, у кварков заряды дробные – одна или две трети. И поймать один обособленный кварк

невозможно, он всегда соединен с соседними кварками. Сила, которая скрепляет два и больше кварков вместе, растет пропорционально усилию их разделить, как будто они соединены какой-то субатомной резинкой. Если все же растащить кварки друг от друга, резинка лопается, и высвободившийся запас энергии зовет на помощь  $E = mc^2$ , отчего на каждом конце создается по новому кварку, а вы возвращаетесь в исходную точку. Но в кварк-лептонную эпоху плотность Вселенной была так велика, что расстояние между несвязанными кварками было сопоставимо с расстоянием между связанными кварками. При таких условиях невозможно было создать надежные узы между соседними кварками, и они двигались сами по себе, хотя коллективно были связаны друг с другом. Такое состояние вещества – своего рода кварковый суп – открыли в 2002 году ученые из Брукхейвенской национальной лаборатории. Есть надежные теоретические данные, из которых следует, что на самом раннем этапе существования Вселенной, возможно, во время разделения каких-то взаимодействий, произошло некое событие, в результате которого во Вселенной наблюдается примечательная асимметрия: частиц вещества стало попросту больше, чем частиц антивещества, в пропорции миллиард и одна к миллиарду. В суматохе непрерывного создания, аннигиляции и воссоздания кварков и антикварков, электронов и антиэлектронов (более известных как позитроны), нейтрино и антинейтрино этот небольшой дисбаланс в популяции никто и не заметил. У «лишних людей» все равно была масса возможностей найти себе партнера по аннигиляции, как и у всех прочих.

Однако такое положение дел сохранялось недолго. Космос расширился и охлаждался, достиг размеров Солнечной системы, а его температура упала ниже триллиона градусов.

С момента рождения Вселенной миновала миллионная доля секунды.

При такой прохладе у Вселенной уже не хватало ни тепла, ни плотности, чтобы изготавливать кварки, поэтому все они расхватили себе партнеров и создали новое прочное семейство тяжелых частиц под названием адроны (от греческого слова «hadros», что значит «толстый, плотный»). Переход от кварков к адронам вскоре привел к появлению протонов и нейтронов, а также других, менее знакомых широкой публике тяжелых частиц, и все они состояли из разных комбинаций представителей семейства кварков. Легкая асимметрия вещества и антивещества, повлиявшая на кварк-лептонный суп, сказалась и на адронах, и последствия у этого были просто невероятные.

Вселенная остывала, количество энергии, доступной для спонтанного

создания фундаментальных частиц, стремительно уменьшалось. В адронную эпоху вездесущие фотоны больше не могли призывать на помощь  $E = mc^2$ , чтобы создавать пары кварков-антикварков. Мало того, фотоны, возникшие в результате всех оставшихся аннигиляций, выпустили свою энергию, отдали ее вечно расширяющейся Вселенной и опустились ниже предела, допускавшего создание пар адронов-антиадронов. На каждый миллиард аннигиляций, после которых получался миллиард фотонов, оставался всего один выживший адрон. Этим-то одиночкам и досталось в результате все веселье – именно из них состоят галактики, звезды, планеты и люди.

Не будь перевеса вещества над антивеществом в соотношении миллиард и один на миллиард, вся масса во Вселенной аннигилировала бы, и остался бы космос, состоящий исключительно из фотонов и все – вот к чему привело бы буквальное исполнение сценария «Да будет свет».

К этому времени Вселенной исполнилась одна секунда.

Вселенная разрослась уже до нескольких световых лет, примерно на расстояние от Солнца до ближайших звезд. Было еще довольно жарко, как-никак миллиард градусов, так что еще оставалась возможность выпекать электроны, которые вместе с партнерами-позитронами то возникали, то исчезали. Однако во Вселенной, которая все расширяется и все остывает, дни их – точнее, секунды – были сочтены. Судьба адронов постигла и электроны – в конце концов уцелел лишь один на миллиард. Остальные аннигилировали вместе со своими напарниками-античастицами позитронами и превратились в море фотонов.

К этому моменту на каждый протон приходится один «замороженный» электрон. Космос продолжает остывать, температура упала уже ниже 100 миллионов градусов, и протоны соединяются и с протонами, и с нейтронами, отчего возникают ядра атомов и образуется Вселенная, в которой 90 % ядер – это ядра водорода, а 10 % – ядра гелия плюс ничтожные количества дейтерия, трития и лития.

С момента рождения Вселенной миновало две минуты.

Еще примерно 380 000 лет с нашим супом из частиц ничего особенного не произойдет. Все эти тысячелетия температура остается достаточно высокой, чтобы электроны свободно странствовали среди фотонов и расталкивали их то туда, то сюда.

Однако этой вольнице приходит конец, когда температура Вселенной падает ниже 3000 градусов по Кельвину (примерно половина температуры солнечной поверхности) и все электроны соединяются со свободными ядрами. В результате этого союза возникает вездесущий океан фотонов

видимого света, что завершает процесс формирования частиц и атомов в первичной Вселенной.

Вселенная все расширяется, ее фотоны и дальше теряют энергию, уходят из диапазона видимого света в инфракрасный диапазон и в микроволновое излучение.

Вскоре мы еще поговорим подробнее о том, что куда бы мы, астрофизики, ни заглянули, везде мы находим неизгладимые следы, словно бы отпечатки пальцев, в виде микроволновых фотонов с температурой 2,73 К и рисунок их распределения по небу – это память о распределении вещества во Вселенной в эпоху непосредственно перед формированием атомов. Из этого факта мы можем сделать много разных выводов, в том числе о возрасте и форме Вселенной. И хотя в наши дни атомы уже вошли в повседневный обиход, у формулы Эйнштейна, обеспечивающей вселенское равновесие, еще осталось вдоволь работы – в ускорителях частиц, где пары «частица-античастица» то и дело создаются из полей с большой плотностью энергии, в недрах Солнца, где ежесекундно преобразуются в энергию 4,4 миллиона тонн вещества, в ядрах всех остальных звезд. Еще она находит себе занятие в окрестностях черных дыр, сразу за их горизонтом событий, где пары «частица-античастица» возникают за счет чудовищной гравитационной энергии черной дыры. Этот процесс описал еще в 1975 году Стивен Хокинг – и показал, что из-за этого механизма черные дыры медленно испаряются, теряя массу. Иначе говоря, черные дыры не вполне черные.

Сегодня это явление называется излучением Хокинга и напоминает нам о плодотворности уравнения  $E = mc^2$ .

Но что же было до всего этого? Что было до начала?

Астрофизики не имеют об этом ни малейшего понятия. Или, точнее, наши самые смелые гипотезы не получают никакого или почти никакого подтверждения в экспериментальной науке. Однако представители некоторых религиозных групп не без самодовольства утверждают, что раз все должно было с чего-то начаться, это действовала сила, пересилившая все остальные силы, источник, из которого произошло все остальное. Имел место какой-то первотолчок.

По мысли подобных людей это что-то – разумеется, Бог.

А вдруг Вселенная была всегда – просто в каком-то состоянии, которое нам еще предстоит определить и описать, например, в составе множественной Вселенной? А может быть, Вселенная, как и ее частицы, просто возникла из ничего?

Подобные ответы обычно никому не нравятся. Тем не менее они

напоминают нам, что незнание – естественное состояние сознания ученого-исследователя, находящегося на переднем крае науки, на границе познания, которая отступает все дальше и дальше. Те, кто считают, что все уже познали, просто никогда не искали эту границу между известным и неизвестным во Вселенной, никогда на нее не натыкались. Здесь заключается очень интересная дихотомия. Утверждение «Вселенная была всегда» – вполне законный ответ на вопрос «Что было до начала?», однако далеко не все это признают. Однако для многих религиозных людей ответ «Бог был всегда» – это очевидный и даже приятный ответ на вопрос «Что было до Бога?»

Кем бы ты ни был, путь к открытию, где и как все началось, всегда вызывает дрожь восторга, словно бы знание о начале всего дарует особого рода причастность к тому, что было дальше, а может быть, и власть над ним. А значит, что справедливо для жизни как таковой, справедливо и для Вселенной: знать, откуда ты пришел, не менее важно, чем знать, куда ты идешь.

## Глава сорок первая

### Священные войны

Каждый раз, когда я читаю публичную лекцию о Вселенной, я стараюсь отвести достаточно времени для вопросов. Как пойдут события, вполне предсказуемо. Первые вопросы относятся непосредственно к лекции. Потом слушатели переходят на особо пикантные космические темы – заговаривают о черных дырах, квазарах, Большом Взрыве. Если у меня хватает времени, чтобы ответить на все вопросы и если дело происходит в Америке, в конце концов речь заходит о Боге. Чаще всего меня спрашивают: «Верят ли ученые в Бога? А вы верите в Бога? Если изучаешь астрофизику, как это влияет на религиозность – укрепляешься в вере или наоборот?»

Издатели давно разобрались, что упоминание Бога приносит много денег, особенно если автор – ученый и в названии книги прямо противопоставлены темы науки и религии. Читателям такие книги по душе – это, например, «Бог и астрономы» Роберта Ястрова (Robert Jastrow, «God and the Astronomers»), «Частица Бога» Леона М. Ледермана (Leon M. Lederman, «The God Particle»), «Физика бессмертия. Современная космология, Бог и воскрешение из мертвых» Фрэнка Дж. Типлера (Frank J. Tipler, «The Physics of Immortality: Modern Cosmology, God, and the Resurrection of the Dead») и две работы Пола Дэвиса – «Бог и новая физика» и «Разум Бога» (Paul Davies, «God and the New Physics», «The Mind of God»). Все эти авторы – признанные ученые, физики или астрофизики, и хотя книги их не религиозного содержания, они подталкивают читателя к тому, чтобы при разговоре об астрофизике упоминать Бога. Даже покойный Стивен Дж. Гулд, «бульдог Дарвина» и ярый агностик, и тот поучаствовал в этом параде названий – у него есть книга «Твердыня вечная. Наука, религия и полнота жизни» (Stephen Jay Gould, «Rock of Ages: Science and Religion in the Fullness of Life»).

Финансовый успех этих печатных трудов показывает, что американское общество готово вознаграждать деньгами всякого, кто, будучи ученым, открыто говорит о Боге.

После выхода в свет «Физики бессмертия», где говорится о том, позволяют ли законы физики вам и вашей душе существовать сколько-нибудь долго после того, как вы покинете этот мир, Типлер во время рекламного турне выступил во многих протестантских общинах, и ему щедро за это платили. Это прибыльное направление особенно процветает

в последние годы стараниями сэра Джона Темплтона, состоятельного основателя Инвестиционного фонда Темплтона, цель которого – добиться мира и гармонии в отношениях науки с религией. Фонд Темплтона не только финансирует семинары и конференции по соответствующей тематике, но и разыскивает плодовитых ученых, которые публикуют работы с религиозным уклоном, дабы наградить их ежегодной премией – между прочим, ее сумма больше Нобелевской.

Расставим все точки над «i». У науки и религии в их нынешнем виде нет ничего общего. Как подробно доказано в монографии XIX века «История войны науки с теологией в христианстве», принадлежащей перу историка Эндрю Д. Уайта, одно время бывшего президентом Корнельского университета (Andrew D. White, «A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom»), на протяжении всей истории наука и религия пребывали в состоянии вражды и соперничества, и все зависело от того, кто из них в данный момент обладает большей властью над обществом. Заявления науки основываются на экспериментальной проверке и подтверждении, а заявления религии – на вере. Примирить эти подходы к познанию в принципе невозможно, вот почему каждый раз, когда сталкиваются представители этих лагерей, дебаты могут тянуться вечно. Впрочем, как при переговорах об освобождении заложников, лучше всего, наверное, постараться, чтобы обе стороны были поглощены разговорами друг с дружкой.

Раскол произошел отнюдь не потому, что никто раньше не пытался примирить враждующие стороны. Величайшие умы – от Клавдия Птолемея, жившего во II веке, до Исаака Ньютона, жившего в веке XVII, не жалели своей невероятной интеллектуальной мощи на то, чтобы вывести природу Вселенной из принципов и утверждений, которые содержатся в священных писаниях. Тот же Ньютон ко времени своей кончины написал о Боге и религии больше слов, чем о физических законах, и в том числе предпринял жалкие попытки понять и предсказать события в мире природы, опираясь на библейскую хронологию. Если бы его труды увенчались успехом, к сегодняшнему дню наука и религия были бы практически неотличимы.

Мой довод очень прост. Я еще ни разу не видел, чтобы предсказание о положении вещей в физическом мире, сделанное на основании того или иного религиозного документа, так или иначе оправдалось. Более того, я могу сделать и более сильное заявление. Каждый раз, когда кто-то пытался дать точное предсказание о положении вещей в физическом мире на основании религиозных документов, попытка с треском проваливалась.

Под предсказанием я понимаю конкретное, не проверенное экспериментально утверждение о природных явлениях или о поведении природных объектов, сделанное *до того*, как событие имеет место.

Если модель описывает что-то уже после того, как это произошло, вместо предсказания получается «послесказание». Послесказания – фундамент большинства мифов о сотворении мира и, разумеется, сказок Киплинга, где даются объяснения задним числом уже известных реалий повседневной жизни. Однако наука – это такой бизнес, где за одно правильное предсказание отсыплют не глядя добрую сотню послесказаний.

\* \* \*

Верхние места в топ-параде религиозных предсказаний занимают извечные притязания на то, когда настанет конец света; пока что ни одно из них не оправдалось. Впрочем, это относительно невинные упражнения. Однако бывают и такие предсказания и заявления, которые всерьез тормозят или даже обращают вспять научный прогресс. Вопиющий пример – судебный процесс над Галилеем (я бы проголосовал за него на конкурсе «Процесс тысячелетия»), в ходе которого он показал, что Вселенная фундаментально не соответствует преобладающим взглядам католической церкви. Правда, надо отдать должное инквизиции: геоцентрическая модель Вселенной с точки зрения наблюдений вполне себя оправдывала. Геоцентрическая модель – при условии, что она была дополнена полным комплектом эпициклов, позволяющих объяснить особенности движения планет на фоне звезд, – в свое время не противоречила никаким данным наблюдений. Это положение сохранялось даже после того, как Коперник вел свою гелиоцентрическую модель Вселенной, что произошло за сто лет до Галилея. Геоцентрическая модель соответствовала и догматам католической церкви, и превалирующему толкованию Библии, согласно которой Земля определенно была создана раньше Солнца и Луны, о чем, собственно, и говорится в первых нескольких стихах книги Бытие. Если тебя создали первым, значит, ты становишься центром всяческого движения. Где тебе еще быть? Более того, предполагалось, что и сами Солнце и Луна представляют собой гладкие сферы. Что еще может создать совершенное всеведущее божество?

Разумеется, все изменилось с изобретением телескопа

и с наблюдениями Галилея над поведением светил. Новое оптическое устройство выявило свойства космоса, которые прямо противоречили всеобщим представлениям о геоцентрической, безупречной божественной Вселенной. Поверхность Луны была каменистой и ухабистой, поверхность Солнца была вся в плавающих пятнах, у Юпитера оказались свои собственные спутники, которые вращались вокруг него, а не вокруг Земли, а у Венеры – фазы, совсем как у Луны. За эти революционные открытия, сотрясшие основы христианства, а еще за то, что Галилей так ими похвалялся, его отдали под суд, признали виновным в ереси, приговорили к домашнему аресту. Это было очень мягкое наказание, если вспомнить, что случилось с монахом Джордано Бруно. За несколько десятков лет до этого Бруно тоже обвинили в ереси и сожгли на костре за предположение, что жизнь может быть не только на Земле, но и на других планетах.

Я вовсе не утверждаю, что вполне уважаемые ученые, признанные специалисты в своей области, разумно следовавшие научному методу, никогда не ошибались. Всякое бывало. Большинство заявлений, которые делают ученые, работающие на переднем крае науки, рано или поздно оказываются неверными, в первую очередь – из-за неполных или плохих данных, а иногда – из-за глупых ляпсусов. Однако научный метод, позволяющий совершать ознакомительные вылазки в интеллектуальные тупики, позволяет также получить гипотезы, модели и прогностические теории, которые могут быть потрясающе точными. История человечества не знает другого занятия, позволяющего с такой точностью расшифровывать устройство Вселенной.

Иногда науку обвиняют в узколобости и упрямстве. Зачастую подобные обвинения выдвигают, когда видят, как ученые с легкостью отмахиваются от астрологии, всяческих сверхъестественных явлений, снежного человека и прочих областей человеческих интересов, которые никогда не проходят проверку двойным слепым методом и не оставляют по себе надежных следов. Только не обижайтесь. С тем же самым скептицизмом ученые относятся и к самым обычным гипотезам в профессиональных научных журналах. Стандарты совершенно одинаковы. Вспомните хотя бы, что было, когда химики из Юты Б. Стенли Понс и Мартин Флейшман заявили на пресс-конференции, что осуществили в своей лаборатории «холодный» термоядерный синтез. Ученые отреагировали молниеносно и с большим скептицизмом. Не прошло и нескольких дней после объявления, как стало ясно, что повторить результат, о котором заявили Понс и Флейшман, никому

не удастся. По итогам проверки их гипотеза была отвергнута. Подобные сценарии, за вычетом пресс-конференций, разыгрываются чуть ли не ежедневно по случаю практически любой гипотезы. Просто вам рассказывают не обо всех таких случаях, а, похоже, только о тех, которые могут прямо повлиять на экономику.

\* \* \*

Ученым свойствен столь сильный скептицизм, что кое-кого, наверное, удивит, если я скажу, что больше всего ученые радуются, когда кому-нибудь действительно удается найти недочеты в сложившихся системах представлений: на долю таких исследователей приходится больше всего похвал, премий и славы. Такие же премии получают и те, кто открывает новые способы понимания Вселенной. Почти все знаменитые ученые – выбирайте кого хотите – на протяжении жизни хоть раз прославились чем-то подобным. Такой путь к успеху в профессиональной карьере по сути своей претит практически любой другой сфере человеческих интересов, а особенно религии.

Из всего этого отнюдь не следует, что в мире нет религиозных ученых. Недавно было проведено исследование религиозных воззрений среди профессионалов в области физико-математических наук (Larson and Witham 1998), и оказалось, что религиозными объявили себя 65 % математиков (самая большая доля) и 22 % физиков и астрономов (самая маленькая доля). В среднем по стране среди всех ученых доля религиозных составила около 40 %, и этот показатель за последние сто лет менялся мало. Для сравнения, религиозными себя считают около 90 % населения США, это один из самых высоких показателей в западной культуре, так что либо в науку тянет людей нерелигиозных, либо занятия наукой отвращают от религии.

А как же те ученые, которые считают себя религиозными? Невозможно заниматься серьезными научными исследованиями исходя из религиозных убеждений. С другой стороны, современные методы науки не имеют практически никакого отношения к этике, вдохновению, морали, красоте, любви, ненависти и эстетике. Это жизненно важные элементы цивилизованной жизни, и именно они и составляют предмет забот практически любой религии. А следовательно, для многих ученых здесь нет никакого конфликта интересов.

Как мы вскоре убедимся, когда ученые говорят о Боге, то обычно

упоминают его в связи с теми областями познания, где нам нужно быть особенно смиренными и где мы сильнее всего удивляемся и восхищаемся. А разве можно устать от удивления и восхищения?

В XIII веке испанский король Альфонсо Мудрый (Альфонсо X), который был еще и прекрасным математиком, пришел к мысли, что птолемеевы эпициклы, корректирующие геоцентрическую модель Вселенной, чересчур сложны. Это его огорчало, а поскольку король не отличался таким смирением, как остальные мыслители, находившиеся на передовом рубеже науки, он как-то раз отметил:

Если бы я присутствовал при сотворении мира, то, пожалуй, дал бы несколько полезных советов по обустройству Вселенной.

*(Carlyle 2004, Book II, Chapter VII)*

Совершенно согласен с претензиями ко Вселенной, которые высказал король Альфонсо, был и Альберт Эйнштейн, который в письме к коллеге отмечал: «Если этот мир сотворил Бог, очевидно, что обеспечить нам простоту его понимания не было его главной заботой» (Einstein 1954). Когда Эйнштейн не смог заключить, как и почему детерминистская Вселенная требует пробабилистских моделей квантовой механики, то сказал: «Трудно подглядеть в Божьи карты. Но в то, что Он решил играть со всем миром в кости... в такое я ни на миг не могу поверить» (Frank 2002, p. 208). Когда Эйнштейну рассказали о результатах одного эксперимента, которые, если бы их удалось подтвердить, опровергли бы его новую теорию гравитации, Эйнштейн заметил: «Пути Господни неисповедимы, но злым Он быть не может» (Frank 2002, p. 285). Датский физик Нильс Бор, современник Эйнштейна, наслушавшись от Эйнштейна упоминаний Господа, воскликнул как-то раз, что тому пора перестать отдавать Богу распоряжения (Gleick 1999)!

В наши дни иногда приходится слышать, как тот или иной астрофизик, быть может, один на сотню, публично упоминает Бога, когда его спрашивают, откуда взялись все физические законы или что было до Большого Взрыва. Мы уже поняли, что эти вопросы составляют передний край современной науки о космосе и на данный момент выходят за пределы ответов, которые мы можем получить на основании доступных данных и теорий. Уже появились некоторые перспективные идеи, например инфляционная космология или теория струн. В конечном итоге из таких идей и получатся ответы на эти вопросы – и предел восхищения

и удивления отодвинется чуточку дальше.

Лично я придерживаюсь совершенно прагматичного мировоззрения, отчасти напоминающего взгляды Галилея, который, как говорят, на суде сказал: «Библия учит, как вести себя, чтобы попасть на небеса, а не как ведут себя сами небеса» (Drake 1957, p. 186). А в письме великой герцогине Тосканской в 1615 году он писал: «Мне думается, что Господь написал две книги. Первая – Библия, где люди находят ответы на вопросы о морали и нравственности. Вторая же книга Господа – книга природы, которая позволяет людям опираться на наблюдения и опыт, чтобы ответить на свои собственные вопросы об устройстве Вселенной» (Drake 1957, p. 173).

Проще говоря, я верю в то, что помогает узнать истину. А узнать истину помогает здоровый скептицизм, воплощенный в научном методе. Честное слово, если бы удалось доказать, что Библия представляет собой богатый источник ответов на научные вопросы и понимания явлений природы, мы штудировали бы ее изо дня в день в поисках астрофизических открытий. Однако слова, при помощи которых я описываю научное вдохновение, у меня те же самые, что и у восторженных верующих. Как и многие другие, я смиренно склоняюсь перед объектами и явлениями Вселенной. Я благоговею перед ее великолепием. Но при этом я отдаю себе отчет, что если я выдвину гипотезу о Боге, который дарует нам голубые дали непознанного, благодаря научному прогрессу может настать день, когда никаких голубых далей непознанного уже не останется. И я мирюсь с этой мыслью.

## Глава сорок вторая

### Периметр незнания

Ученые, писавшие свои труды в минувшие столетия, считали своим долгом говорить о тайнах мироздания и о творении Господнем выпранным языком поэзии. Пожалуй, в этом нет ничего удивительного: многие ученые в те времена, как и многие ученые в наши дни, считали себя людьми духовными.

Однако тщательное изучение более старых текстов, особенно тех, где речь идет о Вселенной как таковой, показывает, что авторы прибегали к божественному лишь тогда, когда доходили до пределов своего понимания. Они говорили о высшей силе, лишь когда глядели в океан собственного невежества. Они призывали Бога, только очутившись в полном одиночестве на краю бездонной пропасти непонимания. Однако там, где мыслители были уверены, что правильно объясняют происходящее, о Боге никто даже не упоминает.

Начнем с самых верхов. Исаак Ньютон был одним из величайших умов за всю историю человечества. Его законы движения и закон всемирного тяготения, сформулированные в середине XVII века, описывают физические явления вселенского масштаба, которые философы не могли объяснить на протяжении тысячелетий. Благодаря этим законам можно понять, как происходит гравитационное взаимодействие в системе из нескольких тел, а это позволяет понять, как устроены орбиты. Закон всемирного тяготения Ньютона дает возможность вычислить силу притяжения между любыми двумя объектами. Если ввести третий, то каждый из них притянет два других, и рассчитать орбиты, которые они описывают, станет гораздо сложнее. А если добавить четвертый, пятый и так далее объекты, вскоре получится наша Солнечная система со всеми ее планетами. Земля и Солнце взаимно притягиваются, но при этом Землю притягивает еще и Юпитер, а также Сатурн и Марс, Юпитер притягивает Сатурн, Сатурн притягивает Марс – и так далее.

Ньютон боялся, что из-за всего этого перетягивания орбиты Солнечной системы могут утратить стабильность. Его формулы показывали, что планеты уже давным-давно должны были либо упасть на Солнце, либо просто вылететь из системы – и в том и в другом случае при Солнце не осталось бы планет. Однако Солнечная система, как и Вселенная в целом, представлялась Ньютону образцом порядка и прочности.

Поэтому Ньютон в своем величайшем труде «Начала» приходит к выводу, что Господь, должно быть, время от времени вмешивается и что-то подправляет:

Шесть главных планет обращается вокруг Солнца приблизительно по кругам, concentрическим с Солнцем, по тому же направлению и приблизительно в той же самой плоскости... Все эти правильные движения не имеют своим началом механических причин, ибо кометы носятся во всех областях неба по весьма эксцентрическим орбитам... . Такое изящнейшее соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа.

*(Здесь и далее цитаты из «Начал» Ньютона даны в переводе А. Крылова)*

В своих «Началах» Ньютон проводит различие между гипотезами и экспериментальной философией и объявляет: «Гипотезам же метафизическим, физическим, механическим, скрытым свойствам не место в экспериментальной философии». Ньютону нужны исключительно данные, которые можно «вывести из явлений». Однако в отсутствие данных, на границе между тем, что он мог объяснить, и тем, что он мог лишь прославлять, – того, причины чего он мог выявить, и того, причины чего выявить не мог, – Ньютон восторженно призывал Бога:

Он вечен и бесконечен, всемогущ и всеведущ... всем управляет и все знает, что было и что может быть... Мы познаем его лишь по его качествам и свойствам и по премудрейшему и превосходнейшему строению вещей и по конечным причинам, и восхищаемся по совершенству всего, почитаем же и поклоняемся по господству.

Прошло сто лет, и французский математик и астроном Пьер-Симон Лаплас бросился в лобовую атаку на ньютонову дилемму нестабильных орбит. В его глазах загадочная стабильность Солнечной системы объяснялась не непознаваемым вмешательством Господа: Лаплас объявил ее научной задачей. В своем трактате «Небесная механика», состоящем из нескольких частей, первый том которого вышел в свет в 1799 году, Лаплас доказывает, что Солнечная система стабильна на протяжении

периодов времени гораздо больших, чем мог предсказать Ньютон. Для этого Лаплас разработал новую отрасль математики под названием «теория возмущений», что позволило ему изучать сочетанный эффект взаимодействия множества мелких сил. Часто рассказывают – впрочем, скорее всего, рассказ этот сильно приукрашен, – что когда Лаплас подарил экземпляр «Небесной механики» своему другу Наполеону Бонапарту, сведущему в физике, Наполеон спросил его, какую роль Бог сыграл в конструировании и отладке небес. «Сир, в этой гипотезе я не нуждаюсь», – отвечал Лаплас (DeMorgan 1872).

\* \* \*

Тем не менее пример Лапласа – скорее исключение, поскольку не только Ньютон, но и многие другие ученые взывали к Богу или к богам всякий раз, когда их познания достигали предела, за которым лежало невежество. Вспомним хотя бы александрийского астронома Птолемея, жившего во II веке. Вооруженный описанием поведения планет на небесах, он не располагал подлинным пониманием происходящего и поэтому не смог сдержать религиозного пыла и на полях своего «Альмагеста» приписал:

Я знаю, что от природы смертен и существование мое эфемерно, но когда я с удовольствием слежу за передвижениями небесных тел, то больше не касаюсь Земли ногами, я предстаю перед самим Зевсом и насыщаюсь амброзией.

А можно вспомнить и голландского астронома XVII века Христиана Гюйгенса, в число достижений которого входит создание первых часов с маятником и открытие колец Сатурна. Он посвятил вводные главы своей прелестной книги «Открытые небесные миры», опубликованной уже посмертно, в 1698 году, восславлению всего того, что уже было известно к тому времени о планетах и их орбитах, форме и размерах, а также об относительной яркости планет и о том, из каких каменных пород они предположительно состоят. В книге есть даже вклейки с изображением структуры Солнечной системы. В рамках этого обсуждения Богу места нет, хотя всего веком ранее, до достижений Ньютона, орбиты планет были покрыты завесой священной тайны.

«Небесные миры» также полны предположений о возможности

существования жизни на планетах Солнечной системы, и здесь-то Гюйгенс и задается вопросами, на которые у него нет ответа. Здесь-то он и заговаривает о загадках биологии своего времени, например о том, как трудно выявить источник жизни. И поскольку физика в XVII веке продвинулась гораздо дальше биологии, Гюйгенс, конечно, упоминает десницу Божию лишь тогда, когда речь идет о биологии:

Думаю, никто не станет отрицать, что в размножении и росте животных и растений больше следов разумного замысла, больше чудесного, чем в безжизненных грудах неодушевленных тел... Ибо именно в них десница Божия и мудрость Божественного провидения явлены гораздо отчетливее, чем во всем прочем.

*(Huygens 1698, p. 20)*

Сегодня светские философы называют подобного рода призывы к божественному «доказательством от незнания» – и это очень верно подмечено, поскольку незнания у нас всегда было в избытке, в отличие от знаний.

\* \* \*

Все благочестие ученых вроде Ньютона, Гюйгенса и других величайших умов минувших лет не мешало им быть эмпириками. Они не закрывали глаза на выводы, к которым настойчиво подталкивали полученные данные, а когда открытия конфликтовали с доминирующими догматами веры, отстаивали истинность открытий. Разумеется, это было нелегко, иногда ученые встречали суровый отпор, например Галилей, которому пришлось защищать свои наблюдения, сделанные при помощи телескопов, от чудовищных нападков, происходивших как от священного писания, так и от «здорового» смысла.

Галилей четко разграничил роли религии и науки. Религия для него была служением Богу и спасением душ, тогда как наука – источником точных наблюдений и доказуемых истин. В своем письме великой герцогине Кристине Тосканской он не оставляет никаких сомнений в том, что он думает о буквальном понимании Священного писания:

Если при толковании Библии вынужденно ограничиваться лишь грамматическим смыслом, лишенным всяких прикрас, неизбежно впадешь в заблуждение... нельзя сомневаться и тем более опровергать никакие библейские пассажи, где речь идет о каких-то физических явлениях, которые можно доказать, а между тем вероятно, что эти пассажи имеют какой-то скрытый за словами иной смысл...

Не чувствую себя обязанным верить, что тот самый Бог, который наделил нас чувствами, разумом и здравым смыслом, не желает, чтобы мы всем этим пользовались.

*(Venturi 1818, p. 222)*

Галилей был редким исключением среди ученых – он считал неведомое объектом исследования, а не вечной тайной, над которой довлеет десница Божия.

Поскольку небесные сферы в целом считались царством Божественного, то обстоятельство, что простые смертные не в состоянии объяснить, как они устроены, вполне можно было считать доказательством существования высшей мудрости и власти Божией. Однако начиная с XVII века труды Коперника, Кеплера, Галилея и Ньютона, не говоря уже о Максвелле, Гейзенберге, Эйнштейне и всех прочих, кто открыл фундаментальные законы физики, обеспечивали рациональное объяснение все новым и новым явлениям. Мало-помалу Вселенную стали изучать при помощи научного метода и научного инструментария – и тогда она превратилась в царство точных знаний и доказательств.

\* \* \*

А затем произошла совершенно неожиданная и поразительная философская инверсия: толпы священнослужителей и ученых провозгласили, что именно законы физики как таковые и служат доказательством мудрости и могущества Господня.

В XVII–XVIII веках была популярна тема «заводной Вселенной» – упорядоченного, рационального, предсказуемого часового механизма, созданного и управляемого Богом и его физическими законами. Первые телескопы, позволявшие наблюдать небо лишь в диапазоне видимого света, не помогали разрушить этот стройный образ упорядоченной системы. Луна

вращается вокруг Земли. Земля и прочие планеты вращаются вокруг своей оси и вокруг Солнца. Звезды светят. Туманности свободно парят в пространстве.

Лишь в XIX веке стало понятно, что видимый свет – это всего лишь одна полоса в широком спектре электромагнитного излучения, просто так вышло, что именно эту полосу видят люди. В 1800 году открыли инфракрасное излучение, в 1801 – ультрафиолетовое, в 1888 – радиоволны, в 1895 – рентгеновские лучи, в 1900 – гамма-лучи. А с каждым новым десятилетием следующего века в научный обиход входили все новые разновидности телескопов, снабженные датчиками, способными «видеть» невидимые прежде части электромагнитного спектра. Теперь астрофизики начали выявлять подлинный характер Вселенной.

Как выяснилось, некоторые небесные тела испускают больше света в невидимых диапазонах, чем в видимом. И невидимый свет, который уловили новые телескопы, показал, что в космосе творится настоящая бойня – чудовищные гамма-всплески, смертоносные пульсары, сокрушающие вещество гравитационные поля, пожирающие вещество черные дыры, обдирающие шкуры со своих раскормленных соседей, новорожденные звезды, пылающие в недрах областей схлопнувшегося газа. И по мере того, как наши обычные оптические телескопы становились все больше и лучше, картина становилась все страшнее: на наших глазах сталкиваются и заглатывают друг друга галактики, взрываются сверхмассивные звезды, орбиты звезд и планет приходят в хаос. И, как уже отмечалось, наши космические окрестности, внутренняя часть Солнечной системы, оказалась настоящим стрельбищем, тут полным-полно залетных астероидов и комет, которые время от времени сталкиваются с планетами. Случается, что они даже массивно стирают с лица Земли флору и фауну. Все говорит о том, что мы живем вовсе не в благовоспитанной заводной Вселенной, а в зоопарке, полном свирепых злобных тварей, сеющих смерть и разрушение.

Разумеется, и Земля тоже может оказаться вредной для здоровья. Гризли мечтают покалечить вас на суше, акулы – сожрать в океане. Вьюга грозит вас заморозить, пустыня – высушить насмерть, землетрясение – засыпать, вулканы – испепелить. Вирусы вызывают болезни, паразиты норвят высосать жизненные соки, рак захватывает тело, врожденные болезни влекут за собой безвременную смерть. И даже если вам очень повезло и вы в целом здоровы, ваши посевы погубит саранча, цунами смоев вас в океан вместе с чадами и домочадцами или ураган сравняет ваш город с землей.

В общем, Вселенная хочет всех нас убить. Однако давайте пока не будем обращать внимания на это обстоятельство – ведь нам и раньше это удавалось.

На переднем крае науки маячит множество вопросов – возможно, даже бесконечное множество. Ответы на некоторые из них ускользали от лучших умов наших собратьев на протяжении десятков, а иногда и сотен лет. И при всем при том в современной Америке идея о том, что единственный ответ на все загадки – это наличие высшего разума, переживает возрождение. Нынешняя версия доказательства от незнания получила новое название: «разумный замысел».

Это выражение намекает на то, что некая сущность, чьи интеллектуальные способности намного превышают человеческие, способна воплотить в себе, создать или обеспечить все предметы и явления физического мира, которые мы не можем объяснить научными методами.

Интересная гипотеза.

Но почему же мы ограничиваемся только тем, что слишком удивительно или сложно для нашего понимания, и считаем, что высший разум создал только такие предметы и явления, только с такими свойствами? Почему не упомянуть и все то, что устроено до того нелепо, глупо, непрактично, нерационально, что прямо вопиет об отсутствии всякого разумного замысла?

Возьмем хотя бы человеческое тело. Мы едим, пьем и дышим при помощи одного и того же отверстия в голове, и именно поэтому, несмотря на прием доктора Генри Геймлиха, носящий его имя, удушье по-прежнему занимает четвертое место в списке причин смерти от несчастного случая в США. А утопление, которое стоит на пятом месте? Вода покрывает две трети поверхности Земли, однако мы – существа сухопутные, и умираем, будучи полностью погруженными в воду всего на несколько минут.

А чего стоит собрание ненужных частей тела! К чему нам ноготь на мизинце ноги? А аппендикс, который у взрослого человека перестает функционировать и служит исключительно источником аппендицита?

Однако и полезные части тела тоже весьма несовершенны. Вот я, например, очень люблю свои колени, однако никто никогда не скажет, что они прекрасно защищены от ударов и травм. В наши дни те, у кого больные колени, могут хирургически заменить их искусственными

суставами. А вот замену позвоночнику, который у всех постоянно болит, придумают, наверное, еще очень не скоро.

А молчаливые убийцы? Высокое артериальное давление, рак кишечника, диабет ежегодно уносит жизни десятков тысяч американцев, однако их зачастую диагностирует только патологоанатом. Правда, было бы славно, если бы у нас были встроенные био-датчики, которые заблаговременно предупреждали бы об опасности? Ведь датчики состояния двигателя есть даже на самых дешевых автомобилях!

А какой шутник сконструировал область между ног – парк аттракционов, построенный прямо на канализационном отстойнике?

Глаз часто считают чудом биологической инженерии. Однако для астрофизика это совсем неважный инструмент. Было бы лучше, если бы глаз был чувствительнее к темным объектам в небе и ко всем невидимым частям спектра. Насколько красивее были бы закаты, если бы мы видели ультрафиолетовое и инфракрасное излучение! А как было бы полезно, если бы мы с первого взгляда видели все источники микроволнового излучения в округе или знали, какие радиостанции сейчас работают. Как было бы полезно, если бы мы ночью видели полицейские радары...

Только подумайте, насколько проще было бы прокладывать маршрут в незнакомом городе, если бы мы, подобно птицам, всегда знали бы, где север, благодаря магнетиту в голове. Подумайте, насколько лучше нам жилось бы, если бы у нас были не только легкие, но и жабры, насколько продуктивнее мы работали бы, имея мы шесть рук, а не две. А было бы восемь – можно было бы спокойно вести машину и при этом говорить по мобильному телефону, настраивать радиоприемник, красить глаза, попивать кофе и чесать левое ухо.

Идиотские ошибки в замысле достойны отдельного воспевания. Не то что бы природа вела себя так по умолчанию, однако они встречаются сплошь и рядом. Однако почему-то всем нравится думать, будто наше тело, наш разум и даже наша Вселенная – шедевры красоты и разумности. Может быть, такой образ мыслей – хороший антидепрессант. Но к науке это не имеет отношения – ни сейчас, ни в прошлом, никогда.

\* \* \*

Есть и другая практика, не имеющая отношения к науке, – манера приветствовать незнание. Однако это и есть фундаментальный принцип

философии разумного замысла: я не знаю, что это. Я не знаю, как это устроено. Для меня это слишком сложно, мне не разобраться. И вообще людям в этом не разобраться – слишком сложно. Значит, это, должно быть, творение высшего разума.

Как быть с подобной логикой? Неужели просто уступить прерогативу решать задачи тому, кто умнее тебя, тому, кто даже не человек? Неужели сказать студентам, что надо решать только задачи, на которые легко получить ответ?

Вероятно, и в самом деле человеческий разум способен изучать Вселенную лишь до некоторого предела. Но какой было бы самонадеянностью с моей стороны заявлять, что если я не могу решить какую-то задачу, значит, ее не сможет решить никто – ни те, кто жили до нас, ни те, кто еще не родился. Только представьте себе, что было бы, если бы так думали Галилей и Лаплас. Или лучше представьте себе, что было бы, если бы Ньютон думал *не так*. Тогда он решил бы задачу Лапласа на сто лет раньше – и у Лапласа появилась бы возможность взять следующий барьер незнания.

Наука – это философия открытий. Гипотеза разумного замысла – это философия незнания. Нельзя построить программу открытий на предположении, что ни у кого не хватит ума найти ответ на ту или иную задачу. Когда-то люди решили, что причина морских бурь – бог Нептун. Сегодня мы называем эти бури циклонами. Знаем, где и когда они зарождаются. Знаем, что ими движет. Знаем, что усмиряет их разрушительную силу. И всякий, кто изучал глобальное потепление, скажет вам, что их усиливает. В наши дни циклоны называют «волей Божьей» разве что страховые агенты.

\* \* \*

Пытаться отрицать, что в истории человечества была и есть целая плеяда ярких, интересных ученых и других мыслителей, которые в своих трудах апеллировали к божественному, пытаться вычеркнуть их из памяти было бы бесчестно с интеллектуальной точки зрения. Естественно, на просторах академического пейзажа найдется место и для гипотезы разумного замысла. Вот, например, история религии. Или, скажем, психология и философия. Этой гипотезе не место лишь в кабинете физики, только и всего.

Если академические доводы вас не поколебали, задумайтесь

о финансовой стороне дела. Впустите гипотезу разумного замысла в учебники по физике, в лаборатории и аудитории – и мы понесем неисчислимыe потери на передовом крае научных открытий, тех самых, которые движут экономику будущего. Не хочу, чтобы студентам, которые могли бы совершить следующий крупный прорыв в освоении возобновляемых источников энергии или в области космических полетов, внушали, что если они чего-то не понимают и этого еще никто не понял, значит, это создано высшими силами и потому лежит за рамками их интеллектуальных способностей. В день, когда это произойдет, американцы просто сядут сложа руки и замрут в благоговении перед всем непонятным – и мы будем беспомощно наблюдать, как весь остальной мир храбро шагает туда, куда еще не заглядывал ни один смертный.

## Литература

По возможности даны ссылки на современные издания исторических текстов.

Aristotle. 1943. *On Man in the Universe*. New York: Walter J. Black.

Aronson, A., and T. Ludlam, eds. 2005. *Hunting the Quark Gluon Plasma: Results from the First 3 Years at the Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC)*. Upton, NY: Brookhaven National Laboratory. Formal Report: BNL-73847.

Atkinson, R. 1931. Atomic Synthesis and Stellar Energy. *Astrophysical Journal* 73: 250–95.

Aveni, Anthony. 1989. *Empires of Time*. New York: Basic Books.

Baldry, K., and K. Glazebrook. 2002. The 2dF Galaxy Redshift Survey: Constraints on Cosmic Star-Formation History from the Cosmic Spectrum. *Astrophysical Journal* 569: 582.

Barrow, John D. 1988. *The World within the World*. Oxford: Clarendon Press.

[Biblical passages] *The Holy Bible*. 1611. King James Translation.

Brewster, David. 1860. *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*, vol. 2. Edinburgh: Edmonston.

[Bruno, Giordano] Dorothea Waley Singer. 1950. *Giordano Bruno* (containing *On the Infinite Universe and Worlds [1584]*). New York: Henry Schuman.

Burbidge, E. M.; Geoffrey. R. Burbidge, William Fowler, and Hoyle, Fred. 1957. The Synthesis of the Elements in Stars. *Reviews of Modern Physics* 29:15.

Carlyle, Thomas. 2004. *History of Frederick the Great [1858]*. Kila, MT: Kessinger Publishing.

[Central Bureau for Astronomical Telegrams] Brian Marsden, ed. 1998. Cambridge, MA: Center for Astrophysics, March 11, 1998.

Chaucer, Geoffrey. 1964. Prologue. *The Canterbury Tales [1387]*. New York: Modern Library.

Clarke, Arthur C. 1961. *A Fall of Moondust*. New York: Harcourt.

Clerke, Agnes M. 1890. *The System of the Stars*. London: Longmans, Green, & Co.

Comte, Auguste. 1842. *Coups de la Philosophie Positive*, vol. 2. Paris: Bailliere.

–. 1853. *The Positive Philosophy of Auguste Comte*, London: J. Chapman.

Copernicus, Nicolaus. 1617. *De Revolutionibus Orbium Coelestium (Latin)*,

3rd ed. Amsterdam: Wilhelmus Iansonius.

–. 1999. *On the Revolutions of the Heavenly Sphere (English)*. Norwalk, CT: Easton Press.

Darwin, Charles. 1959. Letter to J. D. Hooker, February 8, 1874. In *The Life and Letters of Charles Darwin*. New York: Basic Books.

–. 2004. *The Origin of Species*. Edison, NJ: Castle Books.

DeMorgan, A. 1872. *Budget of Paradoxes*. London: Longmans Green & Co.

de Vaucouleurs, Gerard. 1983. Personal communication.

Doppler, Christian. 1843. On the Coloured Light of the Double Stars and Certain Other Stars of the Heavens. Paper delivered to the Royal Bohemian Society, May 25, 1842. *Abhandlungen der Königlich Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften*, Prague, 2: 465.

Eddington, Sir Arthur Stanley. 1920. *Nature* 106:14.

–. 1926. *The Internal Constitution of the Stars*. Oxford, UK: Oxford Press.

Einstein, Albert. 1952. *The Principle of Relativity* [1923]. New York: Dover Publications.

–. 1954. Letter to David Bohm. February 10. Einstein Archive 8–041.

[Einstein, Albert] James Gleick. 1999. Einstein, *Time*, December 31.

[Einstein, Albert] Phillip Frank. 2002. *Einstein, His Life and Times* [1947]. Trans. George Rosen. New York: Da Capo Press.

Faraday, Michael. 1855. *Experimental Researches in Electricity*. London: Taylor.

Ferguson, James. 1757. *Astronomy Explained on Sir Isaac Newton's Principles*, 2nd ed. London: Globe.

Feynman, Richard. 1968. What Is Science. *The Physics Teacher* 7, no. 6: 313–20.

–. 1994. *The Character of Physical Law*. New York: The Modern Library.

Forbes, George. 1909. *History of Astronomy*. London: Watts & Co.

Fraunhofer, Joseph von. 1898. *Prismatic and Diffraction Spectra*. Trans. J. S. Ames. New York: Harper & Brothers.

[Frost, Robert] Edward Connery Lathem, ed. 1969. *The Poetry of Robert Frost: The Collected Poems, Complete and Unabridged*. New York: Henry Holt and Co.

Galen. 1916. *On the Natural Faculties* [c. 180]. Trans. J. Brock. Cambridge, MA: Harvard University Press.

[Galileo, Galilei] Stillman Drake. 1957. *Discoveries and Opinions of Galileo*. New York: Doubleday Anchor Books.

Galileo, Galilei. 1744. *Opera*. Padova: Nella Stamperia.

–. 1954. *Dialogues Concerning Two New Sciences*. New York: Dover

## Publications.

- 1989. *Sidereus Nuncius* [1610]. Chicago: University of Chicago Press.
- Gehrels, Tom, ed. 1994. *Hazards Due to Comets and Asteroids*. Tucson: University of Arizona Press.
- Gillet, J. A., and W. J. Rolfe. 1882. *The Heavens Above*. New York: Potter Ainsworth & Co.
- Gregory, Richard. 1923. *The Vault of Heaven*. London: Methuen & Co.
- [Harrison, John] Dava Sobel. 2005. *Longitude*. New York: Walker & Co.
- Hassan, Z., and Lui, eds. 1984. *Ideas and Realities: Selected Essays of Abdus Salaam*. Hackensack, NJ: World Scientific.
- Heron of Alexandria. *Pneumatica* [c. 60].
- Hertz, Heinrich. 1900. *Electric Waves*. London: Macmillan and Co.
- Hubble Heritage Team. *Hubble Heritage Images*. <http://heritage.stsci.edu>.
- Hubble, Edwin P. 1936. *Realm of the Nebulae*. New Haven, CT: Yale University Press.
- 1954. *The Nature of Science*. San Marino, CA: Huntington Library.
- Huygens, Christiaan. 1659. *Systema Saturnium (Latin)*. Hagae-Comitis: Adriani Vlacq.
- . 1698. [*Cosmotheoros,*] *The Celestial Worlds Discover'd (English)*. London: Timothy Childe.
- Impey, Chris, and William K. Hartmann. 2000. *The Universe Revealed*. New York: Brooks Cole.
- Johnson, David. 1991. *V-1, V-2: Hitler's Vengeance on London*. London: Scarborough House.
- Kant, Immanuel. 1969. *Universal Natural History and Theory of the Heavens* [1755]. Ann Arbor: University of Michigan.
- Kapteyn, J. C. 1909. On the Absorption of Light in Space. *Contrib. from the Mt. Wilson Solar Observatory*, no. 42, *Astrophysical Journal* (offprint), Chicago: University of Chicago Press.
- Kelvin, Lord. 1901. Nineteenth Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light. In *London Philosophical Magazine and Journal of Science* 2, 6th Series, p. 1. Newcastle, UK: Literary and Philosophical Society.
- 1904. *Baltimore Lectures*. Cambridge, UK: C. J. Clay and Sons.
- Kepler, Johannes. 1992. *Astronomia Nova* [1609]. Trans. W. H. Donahue. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 1997. *The Harmonies of the World* [1619]. Trans. Juliet Field. Philadelphia: American Philosophical Society.
- Lang, K. R., and O. Gingerich, eds. 1979. *A Source Book in Astronomy & Astrophysics*. Cambridge: Harvard University Press.

- Laplace, Pierre-Simon. 1995. *Philosophical Essays on Probability* [1814]. New York: Springer Verlag.
- Larson, Edward J., and Larry Witham. 1998. Leading Scientists Still Reject God. *Nature* 394: 313.
- Lewis, John L. 1997. *Physics & Chemistry of the Solar System*. Burlington, MA: Academic Press.
- Loomis, Elias. 1860. *An Introduction to Practical Astronomy*. New York: Harper & Brothers.
- Lowell, Percival. 1895. *Mars*. Cambridge, MA: Riverside Press.
- 1906. *Mars and Its Canals*. New York: Macmillan and Co.
- 1908. *Mars as the Abode of Life*. New York: Macmillan and Co.
- 1909. *The Evolution of Worlds*. New York: Macmillan and Co.
- Lyapunov, A. M. 1892. *The General Problem of the Stability of Motion*. PhD thesis, University of Moscow.
- Mandelbrot, Benoit. 1977. *Fractals: Form, Chance, and Dimension*. New York: W. H. Freeman & Co.
- Maxwell, James Clerk. 1873. *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- McKay, D. S., et al. 1996. Search for Past Life on Mars. *Science* 273, no. 5277.
- Michelson, Albert A. 1894. Speech delivered at the dedication of the Ryerson Physics Lab, University of Chicago.
- Michelson, Albert A., and Edward W. Morley. 1887. On the Relative Motion of Earth and the Luminiferous Aether. In *London Philosophical Magazine and Journal of Science* 24, 5th Series. Newcastle, UK: Literary and Philosophical Society.
- Morrison, David. 1992. The Spaceguard Survey: Protecting the Earth from Cosmic Impacts. *Mercury* 21, no. 3: 103.
- Nasr, Seyyed Hossein. 1976. *Islamic Science: An Illustrated Study*. Kent: World of Islam Festival Publishing Co.
- Newcomb, Simon. 1888. *Sidereal Messenger* 7: 65.
- . 1903. *The Reminiscences of an Astronomer*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- [Newton, Isaac] David Brewster. 1855. *Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton*. London: T. Constable and Co.
- Newton, Isaac. 1706. *Optice (Latin)*, 2nd ed. London: Sam Smith & Benjamin Walford.
- . 1726. *Principia Mathematica (Latin)*, 3rd ed. London: William & John Innys.

- 1728. *Chronologies*. London: Pater-noster Row.
- 1730. *Optiks*, 4th ed. London: Westend of St. Pauls.
- 1733. *The Prophecies of Daniel*. London: Pater-noster Row.
- . 1958. *Papers and Letters on Natural Philosophy*. Ed. Bernard Cohen. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- . 1962. *Principia Vol. II: The System of the World* [1687]. Berkeley: University of California Press.
- . 1992. *Principia Mathematica (English)* [1729]. Norwalk, CT: Easton Press.
- Norris, Christopher. 1991. *Deconstruction: Theory & Practice*. New York: Routledge.
- O’Neill, Gerard K. 1976. *The High Frontier: Human Colonies in Space*. New York: William Morrow & Co.
- Planck, Max. 1931. *The Universe in the Light of Modern Physics*. London: Allen & Unwin Ltd.
- . 1950. *A Scientific Autobiography (English)*. London: Williams & Norgate, Ltd.
- [Planck, Max] 1996. Quoted by Friedrich Katscher in *The Endless Frontier. Scientific American*, February, p. 10.
- Ptolemy, Claudius. 1551. *Almagest* [c. 150]. Basileiae, Basel.
- Salaam, Abdus. 1987. The Future of Science in Islamic Countries. Speech given at the Fifth Islamic Summit in Kuwait, <http://www.alislam.org/library/salam-2>.
- Schwippell, J. 1992. Christian Doppler and the Royal Bohemian Society of Sciences. In *The Phenomenon of Doppler*. Prague.
- Sciama, Dennis. 1971. *Modern Cosmology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Shamos, Morris H., ed. 1959. *Great Experiments in Physics*. New York: Dover.
- Shapley, Harlow, and Heber D. Curtis. 1921. *The Scale of the Universe*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Sullivan, W. T. III, and B. J. Cohen, eds. 1999. *Preserving the Astronomical Sky*. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific.
- Taylor, Jane. 1925. *Prose and Poetry*. London: H. Milford.
- Tipler, Frank J. 1997. *The Physics of Immortality*. New York: Anchor.
- Tucson City Council. 1994. *Tucson/Pima County Outdoor Lighting Code*, Ordinance No. 8210. Tucson, AZ: International Dark Sky Association.
- [Twain, Mark] Kipling, Rudyard. 1899. An Interview with Mark Twain. *From Sea to Sea*. New York: Doubleday & McClure Company.

- Twain, Mark. 1935. *Mark Twain's Notebook*.
- van Helden, Albert, trans. 1989. *Sidereus Nuncius*. Chicago: University of Chicago Press.
- Venturi, C. G., ed. 1818. *Memoire e Lettere*, vol. 1. Modena: G. Vincenzi.
- von Braun, Werner. 1971. *Space Frontier* [1963]. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Wells, David A., ed. 1852. *Annual of Scientific Discovery*. Boston: Gould and Lincoln.
- White, Andrew Dickerson. 1993. *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom* [1896]. Buffalo, NY: Prometheus Books.
- Wilford, J. N. 1999. Rarely Bested Astronomers Are Stumped by a Tiny Light. *The New York Times*, August 17.
- Wright, Thomas. 1750. *An Original Theory of the Universe*. London: H. Chapelle.
- 
- 

**notes**

# **СНОСКИ**

На экспозициях в Роузовском Центре Земли и Космоса в Нью-Йорке мы представляем льдистый Плутон как одну из «королевских комет» – очевидно, что он заслуживает такого наименования гораздо больше, чем прозвища «самая крошечная планетка».

Одна астрономическая единица, или попросту а. е., – это среднее расстояние от Земли до Солнца.

Лакрoсс (Lacrosse) – контактная спортивная игра между двумя командами, с использованием небольшого резинового мяча и клюшки с длинной рукояткой, верх которой заплетен свободной сеткой, чтобы ловить и удерживать мяч. Цель игры заключается в том, чтобы забросить мяч в ворота соперника. Защитники же могут выбивать мяч клюшкой или толкать нападающего игрока в корпус.

4

Тайконавтами называют космонавтов в Китае.

В 2013 году специалисты НАСА доказали, что столкновение Апофиса с Землей в 2036 году крайне маловероятно. – Прим. перев.

Эта статья в 2005 году получила приз Американского института физики «Лучшее научно-популярное сочинение».