

Нил
ДЕГРАСС ТАЙСОН

СМЕРТЬ В ЧЕРНОЙ ДЫРЕ

И ДРУГИЕ МЕЛКИЕ
КОСМИЧЕСКИЕ НЕПРИЯТНОСТИ

ОТ
ЗАРОЖДЕНИЯ
ЖИЗНИ
ДО ТЕОРИИ
ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ
И ФИЗИКИ
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ
ЧАСТИЦ

ФОНД
НАУКИ

Нил Деграсс Тайсон
Смерть в черной дыре и другие
мелкие космические неприятности
Серия «Золотой фонд науки»

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=17043432

Смерть в черной дыре и другие мелкие космические неприятности/ Нил Деграсс Тайсон: АСТ;

Москва; 2016

ISBN 978-5-17-094032-5

Аннотация

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.

Содержание

Предисловие	6
Благодарности	7
Пролог	8
Часть I	12
Глава первая	12
Глава вторая	16
Глава третья	21
Глава четвертая	27
Глава пятая	34
Часть II	38
Глава шестая	38
Глава седьмая	42
Глава восьмая	49
Глава девятая	55
Конец ознакомительного фрагмента.	58

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.

*Лиза 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 Рику 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 космологии, 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 настроичить.

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 изъявления 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 умонастрое-ний 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 лаборато-рии 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 астро-номов того времени Саймон Ньюкомб, бывший в числе основателей Американского астро-номического 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 абсолют-ная 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 счита-лось, что свет распространяется в пространстве посредством светоносного эфира, а неболь-шие различия между наблюдаемой и предсказываемой траекторией Меркурия при движе-нии 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 прозорли-вее 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. Гольшева 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 удается 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 случалось 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 встроены 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 «здоровый 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 небологических 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 неизменными.

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 разреженной 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 разума 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 неимоверно 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 ради-

уса (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 именуются 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 посмотришь, 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 стоудюймового 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 существам во всем пространстве-времени!

Ну хорошо, с этим мы смирились. 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 и 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 отсечь 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, 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 берегов.

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 делятся 10 земных часов, и Юпитер у экватора на 7 % шире, чем у полюсов. Наша Земля гораздо меньше, и сутки на ней делятся 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. Американско-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, что 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:

smaismrmilmepoetaleumibunenugttauiras

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 получаются 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 подобались 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». Изюм 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 низшей и высшей 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. Играют 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 concentрические 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:

4 H → He + энергия.

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 умудрится 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 клоунаду, 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 сэра 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. Новообретенное 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 мешало негибачим 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 беспокоило, 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 снеж-

ный 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, шагком за шагком 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 всеблагом 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 планетой¹, 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 единиц².

Воодушевленные открытием Урана примерно на том расстоянии, которое предсказало правило Тициуса-Боде, астрономы в конце XVIII века решили, что хорошо бы исследовать

¹ 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».

² Одна астрономическая единица, или попросту а. е., – это среднее расстояние от Земли до Солнца.

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 ему 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» («звездopodobные 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 назвали 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 считаешь 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 каменистых 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 отгалкиваешься 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 которых 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 равносторонних 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 двигателя 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 полтора 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 пришлось 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 уравновешивают 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 подашься, 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 либраций, 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.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.