

Глава 9

ВОДА И ЛУНА, ИЛИ ПРЕКРАСНОЕ И ФИЗИКА

Про автобиографическую книгу Вернера Гейзенберга «Часть и целое» Карл Фридрих фон Вайцзеккер как-то сказал, что это платоновская книга — книга, в которой представлены беседы в духе произведений Платона.²¹⁸ Гейзенберг рассказывает в ней, как в 1919 году в Мюнхене он на крыше духовной семинарии читал трактат Платона в форме диалога «Тимей» на греческом языке. Гейзенбергу, которому на тот момент исполнилось семнадцать лет, все, что он там прочитал, на первый взгляд показалось «полным абсурдом».²¹⁹

В своем трактате «Тимей» Платон представляет свою естественнонаучную картину миру. С такими элементами, как земля, огонь, воздух и вода, он сопоставляет куб, тетраэдр, октаэдр и икосаэдр. Однако для Платона эти тела все еще не являются истинными элементами мира. Он вглядывается чуть глубже, ищет их составные части — и находит их в двух особых видах прямоугольных треугольников. Один из них — это разделенный по диагонали квадрат. При выборе второго треугольника Платон приводит удивительный, а именно эстетический, аргумент: «Итак, среди бесконечного множества [треугольников] мы должны выбрать самый красивый, если мы желаем начать правильным образом».²²⁰ Для Платона таким треугольником является половина равностороннего треугольника. «Почему именно он, — продолжает Платон, — мне

пришлось бы это слишком долго объяснять». ²²¹ Из этих двух треугольников в итоге образуются поверхности, из которых состоят все правильные тела.

Платон представляет геометрические тела (или элементы) как виды атомов, элементарными компонентами которых являются эти оба треугольника. Удивительная мысль, которую юный Гейзенберг счел абсурдной. Вместе с тем Гейзенберг был очарован «идеей о том, что при изучении мельчайших частиц материи в конечном итоге можно натолкнуться на строгие геометрические формы». ²²² Этой идеей он был очарован до конца жизни. За год до смерти в своей речи перед Немецким обществом физиков Вернер Гейзенберг заявил: «Если бы кто-то пожелал сравнить знания современной физики частиц с какой-нибудь прежней философией, то это могла бы быть только философия Платона, так как частицы современной [...] похожи на симметричные тела из учения Платона». ²²³

При этом Гейзенберг имел в виду не сами тела, о которых говорил Платон. На первый план для него выходили симметрия и красота. «Гейзенберг явно признается в том, — пишет Карл Фридрих фон Вайцзеккер, — что законы природы прекрасны и что симметрия — это образ, в котором постигается и понятийно отражается красота закономерностей природы». ²²⁴ В конечно счете — так считал Гейзенберг — на фундаменте естественных наук, сутью которых было бы одно: выражение красоты.

Когда Эйнштейн вывел уравнения общей теории относительности, он написал своему другу Генриху Цангеру: «Эта теория несравненной красоты». ²²⁵ Лев Давидович Ландау как-то рассказывал, как глубоко он, еще юным студентом, был впечатлен невероятной красотой общей теории относительности. ²²⁶ Шрёдингер же высказался более кратко: «Эта теория прекрасна и восхитительна, но сложна почти до ужаса». ²²⁷

Поль Дирак как-то спросил, какое значение имело бы возможное наличие расхождения между результатами наблюдений и общей теорией относительности: «Следовало бы тогда рассматривать эту теорию как в принципе неверную? Хотел бы сразу сказать, что ответом на последний вопрос может быть только категорическое “нет”. Каждый, кто может оценить интеллектуальную гармонию между устройством природы и общими математическими принципами, понимает, что теория такой красоты и элегантности, как теория относительности Эйнштейна, в сущности должна быть правильной».²²⁸

В своих рассуждениях Дирак пошел даже еще дальше: «В своем стремлении выразить основные законы природы математическим путем исследователь должен в первую очередь позаботиться о математической красоте».²²⁹ На вопрос, в чем он видит красоту теории, Дирак ответил, что математическую красоту, равно как и красоту в искусстве, практически не нужно объяснять, если, конечно же, вам повезет с ней встретиться.²³⁰

Человеком, который всегда старался объяснить и понять, в чем заключается красота физических уравнений, законов и теорий, был индийский физик Субраманьян Чандрасекар. Чандрасекар не хотел облегчать себе работу, как это сделал Дирак, и искал понятные критерии и принципы, с помощью которых можно было постичь красоту физических законов.

Если бутерброд случайно выпадет из рук, то с большой долей вероятности (что в действительности обычно и происходит) он упадет на ковер маслом вниз. Это связано с тем, что выпавший из руки бутерброд начинает вращаться, и вращение продолжается даже тогда, когда бутерброд уже находится в свободном падении. То, что начавшееся однажды вращение само по себе не прекратится, и приводит к такой неприятной ситуации — и одновременно с этим является выражением

одного из основных законов физики — закона сохранения момента импульса. Из закона сохранения момента импульса следует в том числе и возможность сделать сальто или изменить скорость пируэта. Этот закон также позволяет понять, что движение Земли вокруг Солнца происходит в одной плоскости и что в перигелии Земля движется быстрее, чем в афелии. И наконец, из закона сохранения момента импульса следует еще один важный факт: наша Галактика, Млечный Путь, является сплюснутым диском, а не большим шарообразным скоплением звезд. Падающий бутерброд, делающий сальто гимнаст, движение Земли вокруг Солнца и форма нашей Галактики — все это особым образом взаимосвязано.

В одночасье суметь объяснить существующие самостоятельно и на первый взгляд кажущиеся полностью независимыми друг от друга феномены, связать друг с другом разные явления там, где никто и не подумал бы о существовании хоть какой-то связи, — все это в глубоком понимании и является сутью физики. А для Чандрасекара это одновременно является и выражением ее красоты.

Ньютону, когда он размышлял о законе всемирного тяготения, на голову упало яблоко, и тогда ему вдруг все стало ясно. Ньютон сам рассказал эту историю. Принята и распространена она была позже Вольтером.

Произошло ли это на самом деле — неизвестно, но эта история показывает, в чем заключалось великое открытие Ньютона. И падение яблока, и движение Луны по своей траектории вокруг Земли Ньютону удалось объяснить одной и той же причиной — силой притяжения Земли. Земля и небо, два мира, которые так тщательно разделил Аристотель, вдруг оказались взаимосвязаны одним законом. Земная и небесная физика уже больше не отличались друг от друга. Падающее с дерева яблоко и вращающаяся вокруг нас недостижимая, «внеземная»

Луна — два на первый взгляд не связанных друг с другом феномена. Ньютону удалось установить между ними взаимосвязь, объяснить их на основании единого принципа.

Стараясь описать траекторию полета снаряда, Галилей натолкнулся на параболу — кривую, свойства которой в III веке до нашей эры исследовал Аполлоний Пергский, однако только в интересах математики, не пытаясь увязать ее с реальным миром. Аполлоний занимался также эллипсами — теми странными кривыми, на которые натолкнулся Иоганн Кеплер, стараясь описать траекторию движения Марса вокруг Солнца.

С точки зрения лингвистики предложение «Он играет в футбол, а она — в теннис» является эллипсом. В нем отсутствует второй глагол. Эллипс происходит от греческого слова, обозначающего «недостаток». Эллипс несовершенен. Его недостаток заключается в том, что он не является кругом.

Брошенный предмет не описывает дугу, планета не движется вокруг Солнца по круговой траектории. Комета может приближаться к Солнцу по траектории, которая соответствует гиперболе. Все три линии — парабола, эллипс и гипербола — описывают движение небесных тел, и все они являются менее симметричными, чем окружность. Тем не менее тут присутствует одна очень глубокая симметрия. Парабола, эллипс и гипербола получаются как следствие сферической симметрии закона всемирного тяготения.

Движение падающего яблока, брошенного мяча, траектория спутников, Луны, планет и комет, возникновение звезд и даже строение Вселенной в целом определяются гравитацией, представленной единственным и с виду простым уравнением.

Когда Ричард Фейнман в одной из своих лекций заговорил о сути физических законов, он в качестве примера выбрал закон всемирного тяготения. Фейнман считал: «Этот закон

был назван самым значимым обобщением, которое когда-либо посчастливилось сделать человеческому уму». Однако, говоря об этом, Фейнман восхищался скорее не столько человеческим умом, сколько чудом природы, которое может соответствовать такому элегантному и простому закону, как закон всемирного тяготения. «Поэтому, — писал Фейнман, — давайте поменьше обращать внимание на то, какие мы умные, что обнаружили этот закон, а побольше обращать внимание на то, насколько умна природа, следуя ему».²³¹

Ричард Фейнман вырос недалеко от Нью-Йорка в Фар-Рокавей, небольшом городке на южном побережье Лонг-Айленда. Дом, где он жил с родителями, находился на расстоянии 1200 метров от моря. Для Ричарда Фейнмана море и пляж были круглый год единственным приключением.

Фейнману исполнилось сорок три года — это было в начале шестидесятых, когда он на своих легендарных лекциях рассказывал о физике этого пляжа.

«Если прийти на пляж, — говорил Фейнман, — то там вас встретят вода, разбивающиеся о берег волны, брызги, хлопающее хлопанье воды и разные другие звуки, воздух, ветер, облака, солнце, голубое небо и свет, там есть песок, самые различные камни, животные и водоросли — и человек, наблюдающий за всем этим». «Все это всегда так сложно, — объяснял Фейнман, — неважно, где бы это ни происходило». И далее пояснял, к чему он все это, собственно, говорил: «Любопытство требует, чтобы мы спрашивали, чтобы мы пытались комбинировать и пытались понять многообразие мнений, возможно, как результат взаимодействия относительно небольшого числа элементарных вещей и сил, действующих в безграничном разнообразии комбинаций».²³² «Если песок — это не что иное, как огромное множество мелких камушков, — спрашивал Фейнман дальше, а Луна — один огром-

ный камень, то, может, тогда понять и песок, и Луну мы могли бы, если бы постигли камень?»²³³

Можно ли, наблюдая за испарением воды, понять, почему на Луне нет атмосферы? На самом деле, по мнению Фейнмана и Чандрасекара, таким образом действительно можно найти ответ.

Молекулы в воде находятся в постоянном движении — они непрерывно вертятся и дрожат. Хотя эти движения невозможно увидеть невооруженным глазом, но тем не менее их можно очень легко измерить — с помощью термометра. Энергия беспорядочного движения атомов и молекул является тем, что мы называем теплом. С повышением температуры в жидкости усиливается дрожание молекул, а в газе увеличивается их скорость. При охлаждении это движение замедляется.

В процессе этого непрерывного хаотичного движения молекул воды какая-то молекула вопреки притяжению других удаляется с ее поверхности — вода испаряется. Поскольку покинуть поверхность воды может только та молекула, энергия которой чуть выше средней, в воде остаются молекулы, энергия которых чуть меньше. В результате вода охлаждается.

Поскольку теперь «более холодных» молекул в избытке, то испарение, собственно говоря, должно было бы закончиться. Так, по крайней мере, представляется. Однако окружающий воздух согревает остывшую воду, поэтому в ней всегда присутствуют частицы, которые смогут впоследствии покинуть ее поверхность. Вода в итоге испаряется полностью.

У Луны изначально была атмосфера. Однако сила притяжения Луны настолько мала, что самые быстрые частицы — частицы с самой большой энергией — смогли улететь в Солнечную систему. Тем не менее охладиться в результате данного процесса атмосфера не могла, так как она снова нагревалась

Солнцем. При этом постоянно находились частицы, которые были достаточно быстрыми, чтобы преодолеть силу притяжения Луны. В конце концов Луна потеряла всю свою атмосферу — подобно воде, которая испаряется из стакана. Глубокая взаимосвязь между этими процессами заключается в идее существования атомов.

В начале своих лекций по физике Ричард Фейнман рассказывал: «Если бы всемирный потоп уничтожил все научные знания и следующему поколению людей можно было бы оставить только одну фразу, в каком бы высказывании всего лишь из нескольких слов содержался бы максимум информации? Я убежден в том, что этой фразой была бы гипотеза об атомах (пусть бы она даже называлась тогда иначе), гласящая, что все состоит из атомов — маленьких частиц, которые находятся в непрерывном движении, притягивая друг друга, когда они находятся друг от друга на небольшом расстоянии, и отталкивая друг друга, будучи прижатыми друг к другу. В этой фразе, если немного пофантазировать и поразмышлять, можно открыть огромное множество информации о мире».²³⁴