New science

ШОН КЭРРОЛЛ

ВСЕЛЕННАЯ

Происхождение жизни, смысл нашего существования и огромный космос

Annotation

Знаменитый физик Шон Кэрролл в свойственной ему увлекательной манере объясняет принципы, которые лежат в основах научных революций от Дарвина до Эйнштейна, и показывает, как невероятные научные открытия последнего столетия изменили наш мир.

Что есть жизнь и смерть, каково наше место в этой Вселенной, как устроен мир на квантовом, космическом и человеческом уровне, как общечеловеческие ценности связаны с наукой. Четырнадцать миллиардов лет минуло с момента Большого взрыва, наблюдаемая область пространства заполнена несколькими сотнями миллиардов галактик, каждая галактика в среднем содержит сто миллиардов звезд. Человек — крошечное, незаметное существо. По сравнению со Вселенной человек еще мельче, чем атом по сравнению с Землей.

Мы малы, Вселенная велика. И у нас нет инструкции для ее познания. Тем не менее мы удивительно много узнали о том, как именно устроено все вокруг.

- Шон Кэрролл
  -
  - Пролог
  - Часть I
    -
    - Глава 1
    - Глава 2
    - Глава 3
    - Глава 4
    - Глава 5
    - Глава 6
    - Глава 7
    - Глава 8
  - Часть II
    -
    - Глава 9
    - Глава 10
    - Глава 11
    - Глава 12

- Глава 13
- Глава 14
- Глава 15
- Глава 16
- Глава 17
- Глава 18

- Часть III
  -
  - Глава 19
  - Глава 20
  - Глава 21
  - Глава 22
  - Глава 23
  - Глава 24
  - Глава 25
  - Глава 26
  - Глава 27
- Часть IV
  -
  - Глава 28
  - Глава 29
  - Глава 30
  - Глава 31
  - Глава 32
  - Глава 33
  - Глава 34
  - Глава 35
  - Глава 36
- Часть V
  -
  - Глава 37
  - Глава 38
  - Глава 39
  - Глава 40
  - Глава 41
  - Глава 42
  - Глава 43
  - Глава 44
- Часть VI

-
- Глава 45
- Глава 46
- Глава 47
- Глава 48
- Глава 49
- Глава 50
- Приложение. Уравнение, которое касается каждого из нас

- Библиографические источники
- Литература для дальнейшего чтения

Шон Кэрролл
Вселенная
Происхождение жизни, смысл нашего существования и огромный космос

Моим учителям:

миссис Эберхардт, Эдвину Келли, Эдварду Гинану, Джеку Дуди, Колин Шихан, Питеру Кнаппу, Джорджу Филду, Сидни Коулману, Нику Уорнеру, Эдди Фархи, Алану Гуту и многим другим. Спасибо, что много требовали от меня.

Пролог

Лишь однажды в жизни я по-настоящему оказался на волосок от гибели.

Было темно, я ехал в сплошном потоке машин и немного утратил концентрацию. Невнимательный водитель на трассе 405 в Лос-Анджелесе круто повернул передо мной, чтобы не вылететь на съезд с шоссе, и я тоже взял в сторону, чтобы с ним разминуться. Однако оказалось, что гигантская фура, которая шла по полосе слева от меня, находится совсем близко. Я лишь слегка зацепил передок кабины грузовика задним бампером, но и этого оказалось достаточно. Я утратил всякий контроль над машиной, которая неспешно и величаво развернулась против часовой стрелки; в результате моя машина с ходу въехала в этот передок, всё ещё оставаясь в движении и теряя скорость. Конечно, всё это выглядело неспешно и величаво только с моей точки зрения. Я чувствовал себя мухой в янтаре, беспомощно взирая, как беспорядочно вертится моя машина, пока она не засела в радиаторной решётке фуры перпендикулярно направлению движения. Прямо мне в лицо ослепительно сияла фара грузовика.

Я остался невредим, но, конечно, испытал шок. Мою машину немного покорёжило, и предстояло надолго отдать её в автомастерскую, но я смог доехать до дома после того, как пообщался с полицией и заполнил все необходимые документы. Несколько дюймов туда-сюда, немного иная скорость, запаникуй дальнобойщик чуть сильнее — и всё могло сложиться иначе.

Многим приходится сталкиваться со смертельной опасностью задолго до того, как приходит наша смерть. Мы осознаём, что наша жизнь конечна.

По профессии я физик и изучаю Вселенную как единое целое. Это большая Вселенная. Четырнадцать миллиардов лет минуло с момента Большого взрыва, наблюдаемая область пространства заполнена несколькими сотнями миллиардов галактик, каждая галактика в среднем содержит сто миллиардов звёзд. Мы, люди, напротив, совсем крошечные — недавние обитатели заурядной планетки, вращающейся вокруг неприметной звезды. Каков бы ни был исход того злоключения на шоссе, моя жизнь всё равно продлилась бы несколько десятилетий, а не миллиарды лет.

Человек — крошечное, незаметное существо. По сравнению со Вселенной человек ещё мельче, чем атом по сравнению с Землёй. Может ли

чья-либо жизнь считаться действительно *важной*?

В определённом смысле — конечно, может. Я живу счастливо, в окружении семьи, друзей, которые мною дорожат. Все они очень бы огорчились, если бы я умер. Я сам бы был очень несчастен, если бы каким-то образом заранее узнал, что жизнь моя подходит к концу. Однако на уровне бескрайнего, казалось бы, индифферентного космоса — имеет ли всё это хотя бы какое-то значение?

Мне нравится думать, что в жизни человека действительно есть смысл, пусть даже Вселенная вполне обошлась бы и без нас. Тем не менее следует серьёзно воспринимать и усердно осмысливать вопрос о том, как наше желание что-то значить вписывается в природу реальности на самых глубинных её уровнях.

Одна моя знакомая, нейрофизиолог и биолог, умеет омолаживать отдельные клетки. Сегодня учёные умеют брать из организма взрослого человека стволовые клетки, которые состарились и приобрели иные, «зрелые» признаки, а затем словно запускать для них время вспять, пока они вновь не станут «новорождёнными» стволовыми клетками.

От одной клетки до полноценного организма — долгий путь. Вот я и спросил мою знакомую полушутя, возможно ли будет когда-нибудь не только омолаживать людей, но и достичь вечной молодости.

«Рано или поздно и ты, и я умрём, — задумчиво ответила она, — но я не так уверена, будут ли у нас обоих внуки».

Она мыслит как биолог. Я, будучи физиком, знаю, что теоретически организм может жить миллионы и миллиарды лет — это не нарушает никаких законов природы, поэтому и я считаю это вполне возможным. Но когда-нибудь все звёзды израсходуют своё ядерное топливо, их холодные огарки упокоятся в чёрных дырах, которые будут постепенно испаряться, пока не превратятся в разреженную дымку элементарных частиц в тёмной и пустой Вселенной. *На самом деле* мы никогда не будем жить вечно, каких бы успехов ни достигла биология.

Все умирают. Жизнь — не субстанция в отличие от воды или камня; это процесс, подобный горению или прибою. Этот процесс начинается, продолжается какое-то время и в конечном итоге заканчивается. Наши «моменты», сколько бы они ни длились, мимолётны в сравнении с масштабами вечности.

* * *

Перед нами стоят две цели. Первая — изложить историю Вселенной и объяснить, почему мы считаем истинной эту историю, эту общую картину — такую, какой мы понимаем её сейчас. Эта концепция просто

фантастическая. Мы, люди, — комочки упорядоченной органики, под действием безликих законов природы развившие способность размышлять об обескураживающей сложности окружающего мира, ценить её, увлекаться ею. Чтобы понять себя, мы должны понять материю, из которой состоим, то есть углубиться в пределы частиц, их взаимодействий и квантовых феноменов, не говоря уже о том, насколько разнообразными способами эти микроскопические элементы могут складываться в организованные системы, которым свойственно чувствовать и мыслить.

Другая цель связана с определённой экзистенциальной терапией. Берусь утверждать, что, хотя мы и являемся частью той Вселенной, которая подчиняется базовым безликим законам, мы всё-таки *имеем значение*. Этот вопрос не относится к науке — мы не можем экспериментально собрать определённые данные и на их основе попытаться решить данную проблему. По сути своей это философская проблема, и, чтобы её решить, мы должны перестать думать о жизни и её смысле так, как мы привыкли это делать за тысячи лет. Ранее было принято считать, что человеческая жизнь не может быть осмысленной, если мы — «всего лишь» горстки атомов, движущихся в пространстве в соответствии с законами физики. Да, мы именно таковы, но это не *единственный* вариант осмысления человека. Мы — горстки атомов, не подчиняющиеся влиянию каких-либо нематериальных или духовных факторов, *и* мы же — чувствующие и мыслящие люди, способные наполнить свою жизнь смыслом, правильно проживая её.

Мы малы, Вселенная велика. И у нас нет инструкции для её познания. Тем не менее мы удивительно много узнали о том, как именно устроено всё вокруг. Есть особое испытание — принимать мир таким, каков он есть, встречать реальность с улыбкой и превращать нашу жизнь в самостоятельную ценность.

* * *

В первой части «Космос» мы рассмотрим некоторые важные аспекты той большой Вселенной, частью которой являемся. Существует множество способов рассуждения о мире, приводящих нас к системе взглядов, называемой *поэтический натурализм*. «Натурализм» постулирует, что существует лишь один мир, естественный мир; мы исследуем некоторые признаки, заставляющие нас склоняться к этой точке зрения, — в частности, поговорим о движении и развитии Вселенной. «Поэтика» напоминает о том, что рассуждать о мире можно несколькими способами. Рассуждая о том, почему происходят те или иные феномены, мы считаем естественным пользоваться «причинно-следственным» лексиконом, но на глубочайших уровнях устройства природы такие идеи не работают. Эти

феномены эмерджентны, они пригодны для описания окружающего нас обыденного мира. Разница между обыденным и более глубоким описанием связана с тем, как течёт время, и различие между прошлым и будущим в конечном итоге можно проследить до того самого особенного состояния, из которого родилась наша Вселенная в момент Большого взрыва.

Во второй части «Понимание» мы обсудим, как следует подходить к пониманию мира или хотя бы как двигаться к этой истине; нам придётся удовлетвориться неопределённостью и неполными знаниями, а также всегда быть готовыми пересматривать наши убеждения по мере выяснения новых фактов. Мы узнаем, почему наилучший способ описания Вселенной представляет собой не единую унифицированную историю, а ряд взаимосвязанных последовательных моделей, каждая из которых приемлема на том или ином уровне. У каждой из таких моделей есть своя область применения, причём идеи, являющиеся ключевыми составляющими каждой из таких историй, с полным правом могут считаться реальными. Наша цель — собрать взаимосвязанный набор описаний, основанных на фундаментальных идеях, которые стыкуются друг с другом и образуют целостную «планету убеждений».

Затем мы перейдём к «Сущности». В этой части мы постараемся осмыслить мир таким, каков он есть, и поговорим о фундаментальных законах природы. Мы обсудим квантовую теорию поля — основной язык, на котором написана современная физика. Оценим триумф Базовой теории — невероятно успешной модели, описывающей частицы и взаимодействия, благодаря которым существуем мы с вами, Солнце, Луна, звёзды, а также всё то, что вам доводилось видеть, ощущать или пробовать на вкус. Мы ещё многого не знаем об устройстве мира, но есть очень серьёзные основания полагать, что Базовая теория — это верное описание природы на том уровне, где эта теория применяется. Эта область применения достаточно широка, чтобы сразу исключить из неё ряд провокационных феноменов: телекинез, астрологию, загробную жизнь.

Вооружившись определёнными законами физики, нам ещё немало предстоит сделать, чтобы связать эти принципы с многообразием окружающего мира. В четвёртой части «Сложность» мы начнём видеть, как складываются эти взаимосвязи. Возникновение сложных структур — это не странность, противоречащая общей тенденции к увеличению энтропии во Вселенной, а естественное следствие данной тенденции. В подходящих условиях материя самоорганизуется в виде причудливых структур, которые могут собирать информацию из окружающей среды и использовать эту информацию. Кульминация такого процесса — жизнь как она есть. Чем

больше мы узнаём о первоосновах жизни, тем лучше понимаем, насколько они гармонируют с фундаментальными физическими законами, которым подчиняется вся Вселенная. Жизнь — это процесс, а не субстанция, и поэтому она неизбежно заканчивается. Вселенная существует не потому, что в ней есть мы, но мы способны к самосознанию и рефлексии, поэтому занимаем в этой Вселенной особое место.

Здесь мы подходим к одной из самых неподатливых проблем, с которой сталкивается натурализм, — к загадке сознания. Мы поговорим о ней в пятой части под названием «Мышление», где выйдем за рамки «натурализма» и доберёмся до «физикализма». Современная нейрофизиология семимильными шагами движется к пониманию того, как именно организовано мышление в нашем мозге, причём практически наверняка известно, что наш личный опыт определённо коррелирует с протекающими в мозге физическими процессами. Мы даже постепенно начинаем видеть, как эта примечательная способность развивалась со временем, какие ключевые свойства критически важны для приобретения сознания. Наиболее сложная из затрагиваемых здесь проблем является философской: как вообще возможно редуцировать наш личный опыт, уникальную, усвоенную на опыте *содержательность* жизни, заключённую в сознании, до обычного движения материи? Поэтический натурализм предлагает говорить о «внутренних переживаниях» как о процессах, происходящих в нашем мозге. Но рассуждать о них мы можем очень реалистично, даже если речь идёт о том, насколько мы способны совершать свободный выбор как рациональные существа.

Наконец, в части «Осознание» мы обратимся к сложнейшей из всех проблем: как сформулировать ценности и смысл в космосе, не имеющем трансцендентной цели. Натурализму часто вменяется в вину, что эта задача попросту невыполнима: если за пределами физического мира нет чего-то, способного нас направлять, то нет и никакого смысла жить, причём нет смысла строить жизнь так или иначе. Некоторые натуралисты с этим соглашаются и просто живут дальше; другие реагируют совершенно по-иному, доказывая, что ценности можно научно определить, точно так же, как и возраст Вселенной. Поэтический натурализм занимает промежуточную позицию, признавая, что ценности — это изобретение человека, но отрицая, что ценности в таком случае иллюзорны и бессмысленны. У каждого из нас есть заботы и желания, приобретённые в ходе эволюции либо усвоенные благодаря воспитанию или окружению. Наша задача — примириться с этими заботами и желаниями, а также друг с другом. Смысл жизни, который мы находим, не трансцендентен, но от

этого он не становится менее глубок.

Часть I
Космос

Глава 1
Фундаментальная природа реальности

В старом мультфильме *Road Runner* есть персонаж Уайл Койот, который часто разбегается настолько сильно, что срывается с обрыва. Однако при этом он не падает прямо вниз под действием силы тяжести (хотя, как подсказывает опыт, именно это и должно было бы происходить) — по крайней мере, падает не сразу. Вместо этого он на какое-то мгновение растерянно зависает над пропастью, однако, как только осознаёт это, тут же стремительно летит вниз.

Все мы напоминаем Уайла Койота. С тех пор как мы начали задумываться о различных вещах, мы размышляем о нашем месте во Вселенной, о том, почему мы здесь оказались. На этот вопрос предлагалось множество возможных ответов, причём сторонники той или иной точки зрения часто не соглашаются друг с другом. Тем не менее уже давно существует общее мнение, что у жизни есть какой-то смысл, который остаётся только открыть и признать. В этом есть рациональное зерно: всё происходит по какой-либо причине. Это убеждение служило нам почвой под ногами, той основой, на которой мы выстраиваем все принципы, которыми руководствуемся в жизни.

Постепенно наша уверенность в таком мировоззрении стала разрушаться. Чем лучше мы понимаем мир, тем неубедительнее кажется идея о том, что у этого мира есть некая трансцендентная цель. Древняя картина мира сменилась удивительной новой картиной — в некотором отношении она захватывает дух и воодушевляет, в другом бросает нам вызов и кажется неудобной. В рамках такой картины окружающий мир упрямо отказывается давать нам ясные ответы на самые большие вопросы о цели и смысле.

Сложность заключается в том, что мы пока не до конца осознали, что этот переход состоялся, а также не вполне представляем себе его далеко идущие последствия. Эти проблемы хорошо известны. За два минувших века Дарвин перевернул наши представления о жизни, безумный персонаж Ницше оплакал смерть Бога, экзистенциалисты искали подлинность в абсурде, современные атеисты также получили место в этой компании. Тем не менее многие плывут по течению, как будто ничего и не произошло, другие наслаждаются новым порядком, благодушно веря в то, что для изменения картины мира достаточно просто заменить несколько старых

проповедей новыми.

Истина в том, что мы утратили почву под ногами и только-только набираемся духу, чтобы взглянуть вниз. К счастью, в воздухе можно ненадолго зависнуть, а не сразу лететь в пропасть — как Уайл Койот. Койот бы не пострадал, если бы обзавёлся реактивным ранцем фирмы ACME; с таким аппаратом можно лететь куда вздумается. Что ж, давайте начнём мастерить концептуальные реактивные ранцы.

Какова фундаментальная природа реальности? Философы относят этот вопрос к сфере *онтологии* — учению об основополагающем устройстве мира, о компонентах и взаимосвязях, которые в конечном итоге образуют Вселенную. Онтологию можно противопоставить *эпистемологии* — это учение о том, как мы приобретаем знания о мире. Онтология — философская дисциплина, исследующая фундаментальную природу реальности. Можно также говорить о «той или иной онтологии», имея в виду лежащую в её основе конкретную идею о том, что представляет собой природа.

Количество подходов к онтологии, имеющихся в современном мире, просто ошеломляет. Есть базовый вопрос о том, существует ли реальность как таковая. *Реалист* скажет: «Конечно да!», но есть ещё и *идеалисты*, полагающие, что на самом деле есть лишь Разум, а так называемый реальный мир — лишь ряд мыслей, существующих в Разуме. Среди реалистов выделяются *монисты*, считающие мир целостным феноменом, и *дуалисты*, разделяющие мир на два самостоятельных уровня — «материю» и «дух». Даже люди, полагающие, что, в сущности, есть только один тип вещей, могут расходиться во мнении, присущи ли этим вещам фундаментально несхожие свойства (например, ментальные и физические). Даже среди тех, кто признаёт всего один тип вещей и полагает, что мир является чисто физическим, возможны разногласия по поводу того, какие аспекты этого мира «реальны», а какие «иллюзорны». (Цвета реальны? А сознание? А мораль?)

Верите вы в Бога или нет — то есть являетесь *теистом* или *атеистом* — зависит от вашей онтологии, но это ещё далеко не всё. Религия — совершенно иной феномен. Она ассоциируется с определёнными верованиями, зачастую с верой в Бога, хотя дефиниции Бога могут существенно различаться в разнообразных религиях. Религия также может быть культурной силой, совокупностью институтов, образом жизни, историческим наследием, набором обрядов и принципов. Всё это гораздо больше и запутаннее, нежели список доктрин. Наряду с религией существует *гуманизм* — совокупность верований и практик, которые не

менее разнообразны и пластичны, чем религиозные.

Более обширная онтология, обычно ассоциируемая с атеизмом, — это *натурализм*. Согласно натурализму, существует всего один мир — наш с вами, и в нём присутствуют закономерности, именуемые законами природы. Законы природы можно открывать научным методом на основании эмпирических изысканий. Нет никакого самостоятельного сверхъестественного, духовного или божественного мира; также в природе отсутствует какая-либо вселенская телеология или трансцендентная цель, которая была бы присуща Вселенной или человеческой жизни. «Жизнь» и «сознание» — это феномены, неотделимые от материи. Это способы рассуждения о феноменах, описывающие взаимодействие исключительно сложных систем. Цель и смысл жизни возникают в результате чисто человеческих актов творения, а не являются следствием чего-либо внечеловеческого. Натурализм — это философия единства и закономерностей, описывающая реальность как целостную сеть.

У натурализма долгая и славная история. Следы его мы находим в буддизме, в учении античных атомистов, а также в конфуцианстве. Через несколько веков после смерти Конфуция жил китайский мыслитель Ван Чун — убеждённый натуралист, боровшийся с верованиями в духов и призраков, распространёнными в его время. Однако на самом деле лишь в последние несколько веков натурализм получил такое фактическое обоснование, которое стало сложно оспаривать.

* * *

Все эти «измы» могут слегка запутать. К счастью, нам не требуется строгого или исчерпывающего перечисления всех подобных вариантов. Тем не менее нам нужно хорошенько задуматься об онтологии. Она — корень той проблемы, с которой мы сталкиваемся, подобно Уайлу Койоту.

Примерно за пять последних веков интеллектуальные достижения человечества полностью перевернули наши самые фундаментальные представления о мире. Повседневный опыт подсказывает, что вокруг — огромное количество *самых разных феноменов*. Люди, пауки, камни, океаны, столы, огонь, воздух, звёзды — кажется, что все эти сущности кардинально отличаются друг от друга, занимают «отдельные строчки» в списке основных компонентов реальности. Наша «наивная онтология» плюралистична, состоит из мириад различных категорий. При этом мы даже не говорим о феноменах, которые кажутся более абстрактными, но по сути не менее реальны: от чисел до наших целей и грёз либо представлений о том, что такое «правильно» или «неправильно».

По мере того как наши знания расширяются, мы шаг за шагом идём ко

всё более универсальной и простой онтологии. Этот импульс восходит к античности. В VI веке до н. э. греческий философ Фалес Милетский предположил, что *вода* — первоэлемент, из которого возникло всё остальное. На другом краю света индийские философы рассуждали о единой абсолютной реальности, которую именовали *брахман*. Благодаря развитию науки эта тенденция ускорилась и кодифицировалась.

Галилей открыл, что у Юпитера есть спутники, и предположил, что Юпитер — это тело, обладающее собственным притяжением, точно так же, как и Земля. Исаак Ньютон продемонстрировал, что сила тяготения универсальна: она определяет законы движения планет и под её же воздействием яблоки падают с дерева. Джон Дальтон показал, как можно представить различные химические соединения в виде комбинаций простейших составляющих, так называемых атомов. Чарльз Дарвин доказал единство всех живых организмов, произошедших от общих предков. Джеймс Клерк Максвелл и другие физики объединили столь несхожие феномены, как молнии, излучение и электромагнетизм, доказав, что всё это проявления «электромагнетизма». Тщательный анализ звёздного света показал, что звёзды состоят из тех самых атомов, которые встречаются и на Земле, а затем Сесилия Пейн-Гапошкина доказала, что почти всё звёздное вещество — это водород и гелий. Альберт Эйнштейн объединил пространство и время, попутно доказав единство материи и энергии. Физика частиц учит нас, что каждый отдельно взятый атом периодической системы элементов состоит из определённого числа всего трёх элементарных компонентов: протонов, нейтронов и электронов. Все предметы, которые вы когда-либо видели, трогали или пробовали на вкус, состоят лишь из трёх этих частиц.

Мы представляем себе реальность совсем по-другому, нежели наши предки. На фундаментальном уровне исчезают различия между «живым» и «неживым», «земным» и «небесным», «материей» и «духом». Существует лишь базовая структура реальности, предстающая перед нами в самых разнообразных формах.

Как далеко может зайти этот процесс унификации и упрощения? С уверенностью сказать невозможно. Но можно сделать обоснованное предположение исходя из имеющегося опыта: он не прекратится. В конечном итоге мы осознаём мир как единую целостную реальность, не обусловленную, не поддерживаемую какими-либо внешними силами, не испытывающую никакого влияния извне. Это очень важно.

* * *

Натурализм выдвигает перед нами поистине грандиозный тезис, к

которому мы с полным правом можем отнестись скептически. Когда мы смотрим в глаза другого человека, нам не кажется, что мы видим всего лишь набор атомов и наблюдаем своеобразную бесконечно сложную химическую реакцию. Часто мы ощущаем какую-то связь со Вселенной, выходящую за пределы чисто физического; это может быть и трепет при любовании морем или небом, и благоговение, граничащее с трансом, при медитации или молитве, и любовь, которую мы испытываем к кому-то близкому, кто нам дорог. Разница между живыми и неживыми объектами кажется гораздо более глубокой, чем просто структурные различия между соединениями молекул. Достаточно посмотреть вокруг — и идея о том, что всё видимое и осязаемое можно объяснить безликими законами, управляющими взаимодействиями материи и энергии, покажется нелепой.

Учитывая весь наш обыденный опыт, не так просто принять тот факт, что жизнь может произойти от нежизни, что наш сознательный опыт — плод взаимодействий атомов, подчиняющихся законам физики. Не менее важно, что апелляции к трансцендентному предназначению или высшим силам, казалось бы, позволяют ответить на некоторые животрепещущие вопросы, которые так любят задавать люди: «Откуда взялась Вселенная?», «Почему я здесь?», «Какой во всём этом смысл?». Натурализм, напротив, заявляет: «Подходящих вопросов просто нет». Здесь многое требуется осмыслить, не каждый способен безропотно принять такое мировоззрение.

Натурализм — не очевидный и не естественный для нас способ восприятия мира. Доказательства в пользу натурализма накапливались годами, они — результат нашего непреклонного стремления как можно лучше понять глубинную природу вещей, причём эта работа ещё не закончена. Мы не знаем, с чего началась Вселенная, является ли она единственной в своем роде. Мы не знаем абсолютных, всеобъемлющих законов физики. Не знаем, с чего началась жизнь и как возникло сознание. Наконец, мы определённо пока не пришли к общему мнению о том, как нужно жить в этом мире, чтобы считаться хорошими людьми.

Натуралисту приходится утверждать, что, пусть он даже не может пока дать ответов на эти вопросы, его мировоззрение всё-таки является именно той системой, которая рано или поздно позволит нам эти ответы получить. Их поиском мы и займёмся в этой книге.

* * *

Экзистенциальные вопросы о жизни, которые мы ставим перед собой, непосредственно связаны с нашими глубинными представлениями о Вселенной. Многие люди просто перенимают эти представления из своей культурной среды, а не приобретают путём строгих собственных

размышлений. Каждое новое поколение людей не изобретает правила жизни с нуля; мы усваиваем идеи и ценности, сформировавшиеся в течение длительных промежутков времени. В настоящее время по-прежнему доминирует такое мировоззрение, согласно которому человеческая жизнь нетривиальна и важна в космическом масштабе и определённо не сводится к простому движению молекул. Мы должны постараться согласовать наши рассуждения о смысле жизни с научными представлениями о Вселенной.

Среди людей, признающих научные основы реальности, распространено убеждение — зачастую лишь подразумеваемое, — что все философские феномены, как то: свободу, мораль и предназначение, в конечном итоге будет довольно просто концептуализировать. Мы все — наборы атомов, поэтому и относиться друг к другу должны по-хорошему. Но насколько сложно это может оказаться в реальности?

Может быть, очень сложно. Дружелюбие в отношении друг друга — неплохо для начала, но на этом далеко не уедешь. Что делать, если у двух людей несовместимые представления о том, что такое хорошо? Идея «дать миру шанс» кажется замечательной, но в реальном мире всегда существуют разные игроки с различными интересами, и между ними неизбежно возникают конфликты. Отсутствие сверхъестественного указующего авторитета, который помог бы нам отличить добро от зла, ещё не означает, что мы не можем осмысленно рассуждать о добре и зле; но в таком случае нам также будет нелегко сразу отличить первое от второго.

Смысл жизни нельзя свести к упрощённым словесным формулам. Спустя некоторое время я умру; возможно, какая-то память обо мне сохранится здесь на Земле, но не будет меня, и я не смогу её оценить. Помня об этом, как прожить жизнь, чтобы она действительно чего-то стоила? Как уравновесить семью и карьеру, благосостояние и удовольствия, активность и размышления? Вселенная огромна, и я — крошечный её компонент — состою из тех же частиц и подчиняюсь тем же силам, что и всё остальное; сам по себе этот факт никак не помогает нам ответить на сформулированные выше вопросы. Чтобы с ними разобраться, нам потребуются и ум, и смелость.

Глава 2
Поэтический натурализм

В сериале «Звёздный путь» так толком и не объяснили, как работают транспортёры. Они разбирают человека атом за атомом, забрасывают эти атомы куда-либо, а затем заново их собирают? Либо машина отсылает куда-то ваш чертёж — информацию, содержащуюся в вашей атомной структуре, а затем воссоздаёт вас из имеющейся материи уже в точке назначения? Обычно экипаж корабля рассуждает так, словно телепортируемые атомы перемещаются по космосу, но как в таком случае понимать эпизод «Враг изнутри» («The Enemy Within»)? Если помните, в этом эпизоде из-за неисправности транспортёра на борт «Энтерпрайза» телепортируется не только капитан Кирк, но и его копия. Сложно себе представить, как можно сделать человека и его копию из набора атомов, достаточного для «сборки» всего одного организма.

К радости зрителей, Кирк и его двойник оказались не полностью идентичны. Первый был обычным (положительным) Кирком, а второй — злым. Более того, антагониста вскоре стало легко отличить от Кирка (Дженис Рэнд, отбиваясь от злодея, поцарапала ему лицо).

Однако что, если бы они оказались идентичны? Мы столкнулись бы с загадкой о природе личной идентичности; эту проблему популяризовал философ Дерек Парфит. Представьте себе транспортёр, который мог бы разобрать индивида и реконструировать множество его двойников из разных атомов. Кто из этих людей был бы «настоящей» личностью (или никто)? Если бы существовал всего один двойник, то любой из нас вполне мог бы принять его за «подлинного» человека. Использование иных атомов в данном случае не имеет принципиального значения: в теле каждого человека одни атомы постоянно заменяются другими. А что, если мы соберём двойника человека из новых атомов, не тронув самого человека, но этот человек трагически погибнет через несколько секунд после создания двойника? Будет ли двойник считаться той же личностью, что и погибший?

Конечно, это интересные философские шутки и игры, но они не имеют особого значения в реальном мире, по крайней мере при современном уровне технологического развития. А может быть, имеют? Существует древний мысленный эксперимент под названием «Корабль Тесея», также затрагивающий некоторые из этих проблем. У Тесея, легендарного афинского царя, был великолепный корабль, на котором он провёл немало

битв. В память о Тесее афиняне сохранили его корабль у себя в порту. Время от времени часть обшивки или мачты рассыхалась так, что не подлежала ремонту, и эту деталь требовалось заменить новой, чтобы содержать корабль в порядке. Здесь мы опять сталкиваемся с проблемой идентичности: остаётся ли корабль тем же самым судном, если заменить на нём одну доску? Если вы считаете, что остаётся, то что произойдёт, когда будут заменены *все* доски, одна за другой? И (как вопрошал Томас Гоббс) что, если мы отыщем старые доски и соберём из них корабль? Станет ли он внезапно кораблём Тесея?

Все эти вопросы в узком смысле касаются идентичности. Когда одна вещь «идентична» другой? Но в более широком смысле это онтологические вопросы, касающиеся наших базовых представлений о том, что существует в мире. Какие вещи здесь вообще есть?

Задаваясь вопросом о подлинности «настоящего» капитана Кирка или корабля Тесея, мы сталкиваемся с целым букетом подразумеваемых гипотез. Мы предполагаем, что в мире существуют так называемые люди и так называемые корабли и что эти объекты каким-то образом сохраняются во времени. Всё идёт гладко, пока мы не сталкиваемся с загадкой — например, с одной из «ситуаций дублирования», которая проверяет на прочность наши представления об этих объектах.

Всё это важно не потому, что мы вот-вот сконструируем рабочую модель транспортёра, а потому, что наши попытки осмыслить общую картину неизбежно связаны с различными взаимно пересекающимися вариантами рассуждений о мире. Есть атомы, есть живые клетки, есть человеческие существа. Насколько важную роль играет представление о «данном конкретном человеке» в наших представлениях о мире? Должны ли вообще такие феномены, как «люди» и «корабли», присутствовать в нашей фундаментальной онтологии? Мы не можем судить о том, имеет ли жизнь отдельного человека какое-либо значение, если даже не знаем, что такое «человек».

* * *

По мере того как веками развивались наши знания, и научные знания в частности, онтология превратилась из очень насыщенной в довольно скудную. Для древних людей было логично полагать, что в мире существуют всевозможные абсолютно различные феномены; в современном мире мы стремимся оперировать не количеством, а качеством.

Сегодня мы бы сказали, что корабль Тесея сложён из атомов, каждый из которых включает протоны, нейтроны и электроны — точно такие же частицы, из которых состоят все прочие корабли, а также мы с вами. Нет

никакой первозданной «кораблевости», ипостасью которой был бы корабль Тесея; есть просто наборы атомов, которые постепенно изменяются со временем.

Это не означает, что если мы считаем все корабли наборами атомов, то вообще не можем говорить о кораблях. Было бы страшно неудобно, если бы кто-то задал вам вопрос о том или ином явлении, а мы могли бы в ответ лишь перечислить огромные множества атомов и рассказать, как они взаимодействуют друг с другом. Если бы вы тратили на упоминание каждого атома одну секунду, то на рассказ о корабле Тесея у вас бы ушло примерно в триллион раз больше времени, чем существует наша Вселенная. В самом деле, непрактично.

Всё дело лишь в том, что в нашей онтологии «корабль» является производной категорией, а не фундаментальной. Это удобный *способ рассуждения* об определённых подмножествах простейших первокирпичиков, из которых состоит Вселенная. Мы изобретаем концепт «корабль», поскольку он удобен для нас, а не потому, что он существует даже на глубочайшем уровне реальности. Если мы заменим на корабле все доски, будет ли это тот самый корабль, что и прежде? Не знаю. Нам решать. Сам феномен «корабль» был придуман нами исключительно для удобства.

Это нормально. Глубочайший уровень реальности очень важен; но важны и все те различные способы, которыми мы можем рассуждать об этом уровне.

* * *

Здесь мы наблюдаем разницу между насыщенной и скудной онтологией. В насыщенной онтологии присутствует большое число различных фундаментальных категорий. «Фундаментальный» означает «играющий важную роль в наших глубочайших, наиболее исчерпывающих представлениях о реальности».

В скудной онтологии мир описывается в немногочисленных фундаментальных категориях (возможно, будет всего одна такая категория). Но будет множество способов рассуждений о мире. «Способ рассуждения» в данном случае — это не какая-нибудь декорация, а абсолютно принципиальный аспект нашего восприятия реальности.

Любовь

Книги

Жизнь

Причины

Огонь

Простые числа

Рай

Долг

Влажность

Земля

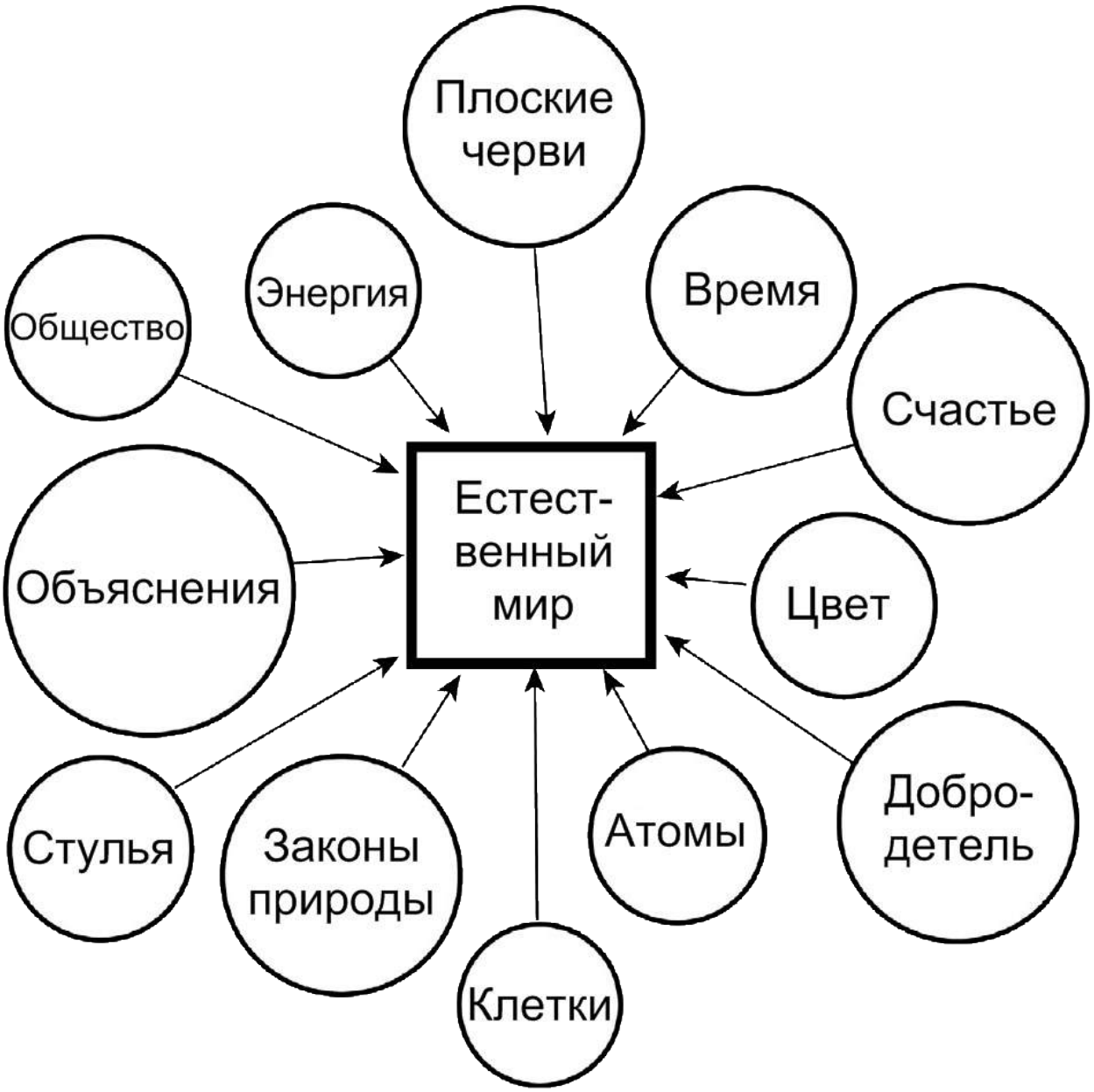
Человечество

Бог

Слоны

Цель

Брак



Два различных варианта онтологии: насыщенная и скудная. В рамках указаны фундаментальные концепции, а в кругах — производные или эмерджентные — инструменты для рассуждения о мире

Одно из достоинств насыщенной онтологии — с ней легко сказать, что реально, ведь каждая категория описывает нечто реальное. В скудной онтологии это не столь очевидно. Должны ли мы считать реальным лишь основополагающий уровень мира, а все различные способы его фрагментации и рассуждения о нём воспринимать как иллюзорные? Это наиболее суровый подход к реальности, иногда именуемый

элиминативизмом. Его сторонники просто обожают исключать те или иные концепции из сферы реального. На вопрос «Который капитан Кирк настоящий?» элиминативист бы ответил: «Какая разница? Люди — это иллюзии. Всего лишь вымышленные истории, которые мы рассказываем об одном поистине реальном мире».

Я собираюсь отстаивать иную точку зрения: наша фундаментальная онтология, наилучший имеющийся у нас способ рассуждения о мире на его глубочайшем уровне, исключительно скудна. Но многие концепции, относящиеся к нефундаментальным способам суждения о мире, — полезные идеи, описывающие более высокоуровневую, макроскопическую действительность, — заслуживают права именоваться «реальными».

Ключевое слово в данном случае — «полезные». Разумеется, существуют и бесполезные способы рассуждения о мире. В научном контексте такие бесполезные способы именуются «неверными» или «ложными». Способ рассуждения включает, как правило, не просто набор концепций, но и систему правил для операций над ними и описания их взаимосвязей. Любая научная теория есть способ рассуждения о мире, и в соответствии с этим способом мы можем говорить: «Существуют тела, называемые планетами, а также так называемое Солнце; все планеты и Солнце движутся в так называемом космосе, а движение планет вокруг Солнца именуется “орбитальным вращением”. Каждая орбита описывает в пространстве конкретную фигуру, так называемый эллипс». В целом именно так Иоганн Кеплер изложил теорию движения планет, сформулированную им на основе работы Коперника, предположившего, что Солнце является центром Солнечной системы. Лишь позднее Ньютон описал эти явления в контексте гравитации. Сегодня мы сказали бы, что в определённых обстоятельствах теория Кеплера довольно полезна, но уступает теории Ньютона, которая, в свою очередь, не столь полезна, как общая теория относительности Эйнштейна.

* * *

Стратегию, которую я собираюсь здесь отстаивать, можно назвать *«поэтическим натурализмом»*. Поэтесса Мюриэль Рюкайзер когда-то написала: «Вселенная состоит из историй, а не из атомов». Мир — это всё существующее и происходящее, но, рассуждая о нём разными способами — рассказывая его историю, — мы невероятно глубоко его познаём.

Натурализм сводится к трём тезисам.

1. Существует всего один мир — естественный.

2. Мир развивается в соответствии с незыблемыми закономерностями, так называемыми законами природы.

3. Единственный надёжный способ познать мир — наблюдать его.

В сущности, идея натурализма заключается в том, что единственный реальный мир — тот, который мы познаём методом научного исследования. Поэтический аспект выходит на передний план, когда мы начинаем рассуждать об этом мире. Его также можно выразить в виде трёх тезисов.

1. Существует множество способов рассуждения о мире.

2. Все верные способы рассуждения не должны противоречить друг другу и окружающему миру.

3. Наша цель в данный момент — определить наилучший способ рассуждения о мире.

Поэтический натуралист согласится, что и капитан Кирк, и корабль Тесея — просто феномены, позволяющие рассуждать об определённых множествах атомов, локализованных в пространстве и времени. Разница в том, что элиминативист в данном случае скажет: «следовательно, они иллюзорны», а поэтический натуралист добавит: «но от этого они не становятся менее реальными».

Философ Уилфрид Селларс предложил термины *«наличный образ»* для описания профанной онтологии, основанной на нашем повседневном опыте, и *«научный образ»* для описания нового унифицированного мировоззрения, в основе которого лежит наука. Наличный и научный образы мира используют различные концепции и дискурсы, однако в конечном итоге они должны быть совместимы друг с другом как разные способы рассуждения о мире. Поэтический натурализм признаёт полезность каждого из этих способов рассуждений при условии, что они применяются в подходящих обстоятельствах, а также помогает понять, как совместить эти варианты мировоззрения.

Поэтический натурализм позволяет выделить три категории сюжетов, позволяющих нам говорить о мире. Есть глубочайшее, наиболее фундаментальное описание, которое только можно себе представить, — целая Вселенная, в которой скрупулёзно рассмотрены все мельчайшие детали. В настоящее время наука ещё не может дать такого описания, но подразумевает, что такая базовая реальность как минимум существует. Далее существуют «эмерджентные» или «фактические» описания, справедливые в некоторой ограниченной предметной области. На этом уровне мы можем говорить о кораблях или людях — макроскопических множествах атомов, которые мы объединяем в отдельные объекты в рамках этого более высокоуровневого дискурса. Наконец, существуют ценности: концепции «правильно и неправильно», «цель и долг» или «красота и уродство». В отличие от высокоуровневых научных описаний эти категории

не определяются какой-либо научной целью и не должны согласовываться с данными. Мы ставим перед собой иные цели: хотим быть хорошими людьми, ладить друг с другом и находить смысл в жизни. Отыскание наилучшего способа рассуждений о жизни — важная часть пути к достижению этих целей.

Поэтический натурализм — это философия свободы и ответственности. Естественный мир преподносит нам сырой материал, из которого формируется жизнь, а мы должны работать, чтобы познать этот материал и принять обусловленные им следствия. Переход от описания к предписанию, от рассказа о происходящем к суждению о том, что должно произойти, — это творческий, сугубо человеческий акт. Мир — это просто мир, развивающийся в соответствии с законами природы, свободный от каких-либо оценочных атрибутов. Мир существует, а мы привносим в него красоту и добродетель.

* * *

Поэтический натурализм может показаться как привлекательной идеей, так и какой-то чепухой, но он определённо ставит перед нами массу вопросов. Самый очевидный: что же представляет собой этот универсальный мир, лежащий в основе всего? Мы запросто рассуждаем об «атомах» и «частицах», но квантовая механика подсказывает, что истина несколько сложнее. При этом мы, разумеется, не претендуем на знание абсолютно полной, окончательной теории всего — так много ли мы на самом деле знаем? Почему же мы полагаем это достаточным, чтобы оправдать мечты о натурализме?

Есть не меньше, если не больше вопросов о связи между базовым физическим миром и повседневной реальностью. Это вопросы из разряда «почему?». Почему Вселенная именно такова, с такими, а не иными законами природы? Почему Вселенная вообще существует? Также имеются вопросы из категории «вы уверены?». Уверены ли мы, что единообразная физическая реальность могла естественным образом породить такую жизнь, какую мы знаем? Уверены ли мы, что эта реальность достаточна для описания сознания — возможно, самого нетривиального аспекта нашего наличного мира? Ещё есть вопросы «как?». Как определить, какие способы рассуждений являются наилучшими? Как прийти к общему мнению о субъективных категориях «правильного» и «неправильного»? Как найти смысл и значение в сугубо естественном мире? Самое главное, как нам *узнать* что-либо из перечисленного?

Наша задача — составить богатую картину со множеством нюансов, которая позволила бы примирить все различные аспекты нашего опыта.

Чтобы начать мыслить в нужном ключе, в нескольких следующих разделах мы рассмотрим некоторые идеи, которые вывели человечество на путь к натурализму.

Глава 3
Мир движется сам собой

В 1971 году телезрители смотрели прямую трансляцию о лунной экспедиции «Аполлона-15». Её участник Дэвид Скотт продемонстрировал интересный опыт. Заканчивая пешую прогулку по Луне (прежде чем сесть на вездеход), Скотт поднял перед собой перо и молоток, а потом одновременно отпустил их. Оба предмета, подчиняясь слабому лунному тяготению, упали ему под ноги, одновременно коснувшись грунта.

На Земле бы такого не произошло (если только вы не тренируетесь работать в скафандре — для этого в NASA есть огромные вакуумные камеры). В обычных условиях перо из-за сопротивления воздуха падает очень медленно, а на молоток такое сопротивление практически не действует. Однако на поверхности Луны воздуха нет, поэтому траектории молотка и пера будут совершенно одинаковыми.

Скотт подтвердил важную догадку, высказанную Галилео Галилеем ещё в конце XVI века: под действием силы тяжести все предметы должны падать абсолютно синхронно, и лишь из-за сопротивления воздуха нам кажется, что тяжёлые предметы падают гораздо быстрее лёгких. Это и хорошо. Как выразился Джо Аллен, диспетчер ЦУП, этот экспериментальный результат был «спрогнозирован на основании солидной теории, но сам результат тем не менее очень убедителен, учитывая, сколько зрителей наблюдали этот эксперимент, а также потому, что возвращение астронавтов на Землю критически зависело от правильности той самой теории, которая проверяется в ходе данного опыта».

По преданию, Галилей поставил подобный эксперимент сам, бросая шары разного веса (которые, однако, испытывают вполне сравнимое сопротивление воздуха) с верхушки Пизанской башни. Похоже, сам Галилей ни о чём подобном не заявлял, но позже на данном факте настаивал его ученик Винченцо Вивиани, написавший биографию своего наставника.

Пизанская башня

Точно известно, что Галилей ставил другой эксперимент, который проще подготовить и проконтролировать: он скатывал по наклонной плоскости шары с разной массой. Ему удалось показать, что шары приобретали ускорение по общему принципу; ускорение зависело от угла наклона плоскости, но не от массы шаров. Далее Галилей предположил, что если данная закономерность будет соблюдаться при любом наклоне плоскости, пусть даже плоскость располагается перпендикулярно полу, то мы получим такой же эффект, как если бы бросали предметы прямо вниз, без всякой плоскости. Следовательно, заключил он, без сопротивления воздуха тела любой массы одинаково падали бы вниз под действием тяготения.

Однако само это открытие не столь важно, как заключённый в нём глубинный смысл: можно изучить естественное движение объектов, мысленно абстрагировавшись от различных побочных эффектов, таких как сопротивление воздуха, а затем, возможно, построить более реалистичную картину движения, вновь учтя эти эффекты.

Это не рядовая догадка. Вероятно, это величайшая идея в истории физики.

Физика — решительно простейшая из наук. Нам так не кажется, поскольку мы очень много знаем о физике, причём физические знания зачастую кажутся элитарными и техническими. Однако физике очень идёт на пользу её следующее удивительное свойство. Она зачастую позволяет делать неправдоподобные упрощения и представлять поверхности, лишённые трения, идеальные сферы, игнорируя при этом всяческие сопутствующие эффекты; тем не менее в результате мы получаем невероятно точные результаты. Напротив, что касается большинства интересных проблем из других естественных наук — от геологии до биологии и психологии, если бы вы смоделировали лишь один незначительный аспект системы и предположили бы, что всех прочих её аспектов не существует, то у вас получилась бы полная чушь (но некоторые всё равно пытаются так делать).

Эта грандиозная революционная догадка — в идеализированных ситуациях, когда можно игнорировать трение и потери энергии, физика упрощается — помогла сформулировать не менее весомую и, пожалуй, ещё более потрясающую концепцию: *сохранение импульса*. Возможно, на первый взгляд этот принцип не кажется столь поразительным, но именно импульс стал ключевым фактором, повлиявшим на изменение наших

представлений о мире. На смену древнему космосу причин и следствий пришёл современный, в котором царят принципы и законы.

* * *

До того как в XVI–XVII веках Галилей и другие учёные совершили революцию в изучении движения, наиболее авторитетным мыслителем в этой области считался Аристотель. Представления Аристотеля о физике были решительно телеологическими: он считал, что каждому объекту присуще своё естественное состояние, которое изменяется по мере того, как объект направляется к своей цели. Известно мнение Аристотеля о том, что существует четыре вида «причин», но, вероятно, он, скорее, имел в виду «виды объяснения». Это *материальная причина* — вещество, из которого состоит объект; *формальная причина* — определяющее свойство, позволяющее считать объект таковым; *движущая причина* — фактор, обусловливающий существование объекта (это понятие наиболее сближается с нашим типичным представлением о «причине»), и *целевая причина* — цель, ради которой существует объект. Чтобы понять, почему вещи движутся так и не иначе и проявляют те или иные свойства, достаточно рассмотреть их в контексте этих причин.

По Аристотелю, движение объекта определяется его природой. Два из четырёх классических элементов — вода и земля — стремятся вниз, а два других — воздух и огонь — вверх. Объект может пребывать в естественном состоянии движения или покоя до тех самых пор, пока не подвергнется «насильственному движению», после чего вновь вернётся в естественное состояние.

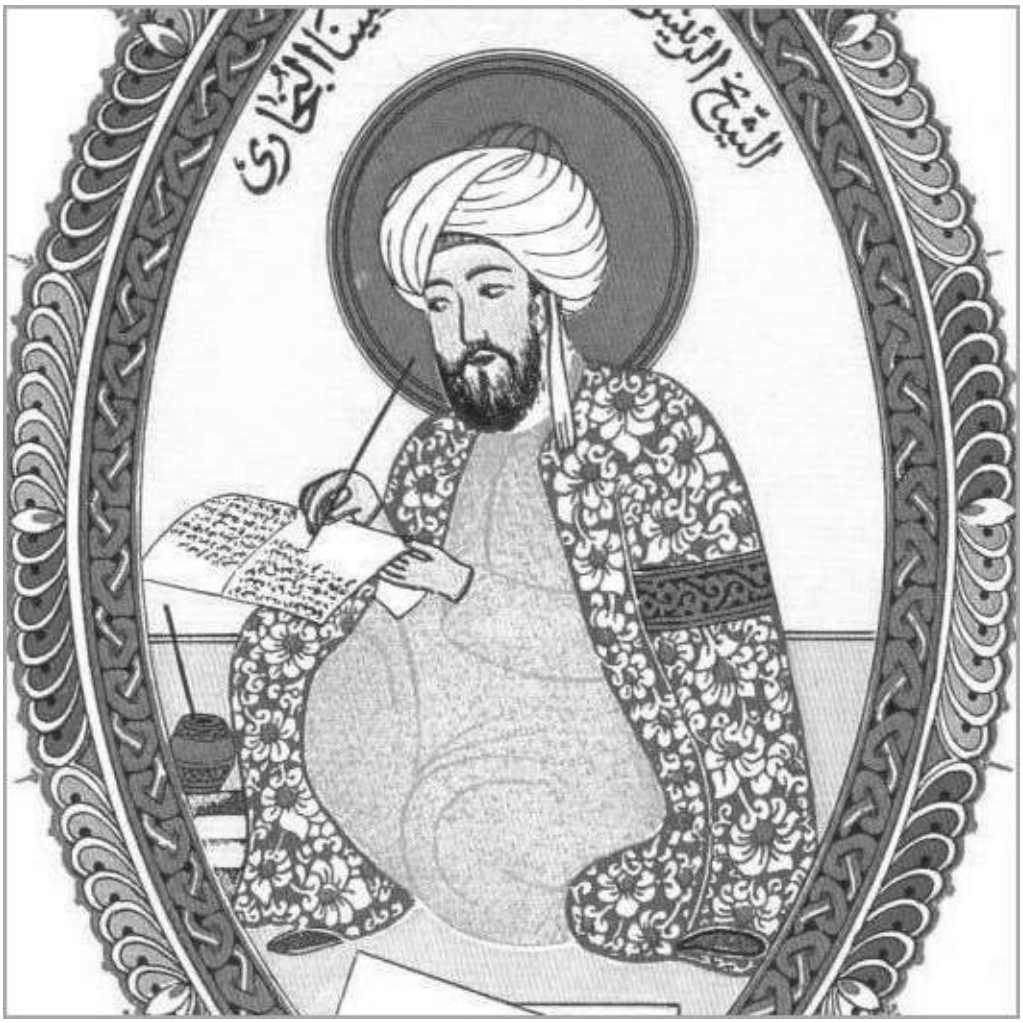
Представьте себе чашку кофе, неподвижно стоящую на столе. В данном случае её естественное состояние — это покой (если только мы не сбросим её со стола — в таком случае она перейдёт в естественное падение, но давайте обойдёмся без этого). Теперь допустим, что мы совершаем насильственное движение, толкнув чашку через стол. Мы её толкнули, и она пришла в движение; остановившись, она вернётся в своё естественное состояние покоя. Чтобы чашка продолжала двигаться, мы должны и далее воздействовать на неё. Как говорил Аристотель, «всё, что находится в движении, движется благодаря воздействию другого».

Именно так ведут себя кофейные чашки в реальном мире с «наличной» точки зрения. Разница между Галилеем и Аристотелем заключалась не в том, что один говорил истинные вещи, а другой — ложные; дело в том, что те феномены, на которых заострял внимание Галилей, оказались удобной основой для более строгого и полного изучения феноменов, выходящих далеко за рамки исходных примеров, чего

не скажешь об Аристотеле.

В VI веке Иоанн Филопон, философ и теолог родом из Египта, начал путь от философии Аристотеля к нашим современным представлениям о движении. Он считал, что следует выделять движущую силу, или «импетус», сообщаемую телу при изначальном толчке и поддерживающую это движение, пока весь импетус не будет истрачен. Это был небольшой шаг вперёд, но именно он впервые позволил по-новому взглянуть на природу движения. В данном случае мы не говорим о причинах, а обращаем внимание на количественные показатели и свойства самой материи.

Ещё один важнейший вклад в решение этой проблемы был внесён персидским мыслителем Ибн Синой (также известным под латинизированным именем Авиценна) — одним из величайших светочей исламского золотого века, жившим около 1000 года. Он развил идею Филопона об импетусе, введя понятие «склонность». Именно Авиценна предположил, что склонность утрачивается не сама собой, а только из-за сопротивления воздуха или под влиянием других внешних воздействий. В пустоте, указывает он, такие воздействия отсутствуют, поэтому брошенный снаряд, если ему не препятствовать, будет вечно двигаться с неизменной скоростью.



Ибн Сина (Авиценна), персидский философ и энциклопедист (умер в 1037 году)

Здесь Авиценна удивительно близко подходит к современной идее *инерции*. Объект может плавно двигаться по инерции, если не испытывает внешних воздействий. В XIV веке Жан Буридан — французский священник, вероятно испытавший влияние Авиценны, — получил количественную формулу, согласно которой импетус объекта равен произведению его веса и скорости. Однако на тот момент ещё не была известна разница между массой и весом. Галилей, в свою очередь испытавший влияние Буридана, предложил термин «импульс» и указал, что импульс тела останется постоянным, если на это тело не будут воздействовать никакие внешние силы. Однако Галилей не вполне различал импульс и скорость. Только Рене Декарт открыл, что импульс равен произведению массы и скорости, но даже он (хотя и является изобретателем аналитической геометрии) не уловил, что импульс имеет

вектор и магнитуду. Это открытие совершил голландский учёный Христиан Гюйгенс, живший в XVII веке. Затем пришло время Исаака Ньютона, который, опираясь на эту концепцию, заново изобрёл всю науку о движении, которая по сей день преподаётся в школах и университетах.

* * *

Почему сохранение импульса столь важно? Мы не станем изучать здесь ньютоновскую механику, сколь бы полезно это ни было. Не будем решать задачи, связанные с блоками и наклонными плоскостями. Мы собираемся поразмыслить о фундаментальной природе реальности.

Аристотель понимал физику как историю о натурах и причинах. Если в природе существовало какое-то движение, то у него должен был существовать источник: движущая причина. Аристотель использовал более широкое определение «движения», чем привычное нам сегодня, — это определение было ближе к «трансформации». Например, Аристотель относил к движению изменение цвета того или иного объекта либо переход свойств в эффекты. Однако здесь действуют всё те же принципы; по убеждению Аристотеля, все эти трансформации подразумевают существование преобразующих причин. В этой идее нет ничего абсурдного. Согласно нашему обыденному опыту, вещи не происходят «просто так» — у каждого действия есть причина, которая его вызывает. Аристотель, не располагая никакими современными научными знаниями, пытался вписать в определённую систематическую структуру известные ему факты об устройстве мира.

Итак, Аристотель наблюдает мир, наполненный бесчисленными изменяющимися вещами, и логически выводит причину каждого изменения. *A* движется под действием *B*, которая, в свою очередь, движется под действием *C* и т. д. Разумно будет спросить: а с чего всё началось? Вплоть до чего мы можем проследить эту цепочку движений и причин? Аристотель с порога отметает возможность того, что какие-либо события могут обусловливать сами себя либо что цепочка причинно-следственных связей может оказаться бесконечной. Она должна завершиться на каком-то феномене, который вызывает движение, но сам остаётся в покое — на неподвижном перводвигателе.

Аристотель в основном изложил свою теорию движения в книге «Физика», но подробно рассказал о перводвигателе в более позднем труде «Метафизика». Хотя Аристотель и был язычником, в этой работе он приравнивает перводвигатель к Богу: не просто абстрактному принципу, а бессмертному и милосердному существу. Это неплохой аргумент в пользу существования Бога, но он достаточно уязвим, если не признавать его

базовых посылок. Может быть, некоторые движения действительно обусловливают сами себя, а бесконечная регрессия вполне допустима. Тем не менее данный «космологический аргумент» оказался крайне весомым, его восприняли и развили Фома Аквинский и другие философы.

Для нас наиболее важно, что вся структура аристотелевского аргумента о перводвигателе основана на идее, согласно которой у каждого движения должна быть причина. Однако с учётом сохранения импульса эта идея выдыхается. Можно спорить о деталях — не сомневаюсь, что Аристотель смог бы каким-нибудь хитроумным способом учесть в своей теории и такие объекты, которые с постоянной скоростью движутся по поверхности, на которой трение отсутствует. Но в данном случае важно, что новая физика Галилея и его соратников предполагала совершенно новую онтологию, глубокие перемены в наших представлениях о природе реальности. «Причины» утратили то основополагающее значение, которое когда-то имели. Вселенная не нуждается в первом импульсе; она может просто существовать.

Сложно переоценить важность этой перемены. Разумеется, и сегодня мы продолжаем рассуждать о причинах и следствиях. Однако если открыть современный аналог аристотелевской «Физики», например книгу по квантовой теории поля, то в ней вы не найдёте таких слов. Мы всё ещё говорим о причинах, но они более не являются частью нашей базовой онтологии.

Наблюдаемый мир — это проявление многоуровневой природы в наших представлениях о реальности. На самом глубинном её уровне, который нам сегодня известен, основными феноменами являются такие вещи, как «пространство–время», «квантовые поля», «уравнения движения» и «взаимодействия». И никаких причин — материальных, формальных, движущих или целевых. Но существуют более высокие уровни, описываемые уже в другой терминологии. Действительно, там, где это уместно, можно количественно восстановить элементы аристотелевской физики, равно как и элементы ньютоновской механики, где центральное место занимают трение и потеря энергии. Ведь кофейные чашки в конце концов останавливаются. Точно так мы легко можем понять, почему в повседневном опыте так удобно опираться на причины и следствия, хотя они и отсутствуют в базовых уравнениях. Чтобы освоиться в этом мире, приходится рассказывать много разных полезных историй о реальности.

Глава 4
От чего зависит, что произойдёт дальше?

Исаак Ньютон, самый влиятельный учёный всех времён, был очень религиозным человеком. Его взгляды были совершенно еретическими по меркам англиканской веры, в которой его воспитали; он отрицал Троицу и написал множество работ о пророчествах и толковании Библии; среди заголовков глав встречаются и такие, как «О том, как одиннадцатый рог четвёртого зверя Даниила способен менять времена и законы». Он не мог удовлетвориться аргументом бытия Бога, основанном на аристотелевском перводвигателе. В его собственных трудах описана Вселенная, пребывающая в идеальном движении под действием заключённых в ней же сил. Однако, как он указывал в «Главной Схолии» — эссе, выпускавшемся в качестве приложения к более поздним изданиям его основного труда «Математические начала натуральной философии», кто-то должен был всё это устроить:

Такое изящнейшее соединение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественнейшего и премудрого существа.

В другом месте Ньютон, по-видимому, подразумевал, что возмущения, обусловленные взаимным влиянием планет друг на друга, должны постепенно расшатывать эту систему — тогда Бог должен вмешиваться и подправлять её.

Пьер-Симон Лаплас, французский физик, родившийся на сто семь лет позже Ньютона, считал иначе. Учёные спорят о том, каковы же были его религиозные взгляды, — по-видимому, они колебались между деизмом (Бог создал мир, но впоследствии не вмешивался в его существование) и полным атеизмом. Считается, что, когда император Наполеон спросил его, почему Бог не упоминается в его книге о небесной механике, Лаплас ответил: «Я не нуждаюсь в этой гипотезе». Но, каковы бы ни были его убеждения, Лаплас, по всей видимости, решительно выступал против идеи о Создателе, который когда-либо мог бы непосредственно вмешиваться в мировые процессы.

Пьер-Симон маркиз де Лаплас, 1749–1827

Однако Лаплас был одним из первых мыслителей, кто по-настоящему понимал классическую (ньютоновскую) механику — до самых основ, даже

лучше, чем сам Ньютон. Кто-то же должен был настолько её понять. Наука развивается, мы всё больше узнаём о наших лучших теориях; сегодня многие физики понимают теорию относительности лучше, чем Эйнштейн, а квантовую механику лучше, чем Шрёдингер или Гейзенберг. Лаплас исследовал проблемы от стабильности Солнечной системы до основ теории вероятности, по ходу дела изобретая требуемую для этого новую математику. Он предположил, что ньютоновскую гравитацию следует понимать как *теорию поля*, и постулировал существование «поля гравитационных потенциалов», пронизывающего пространство. Так он решил озадачивавшую Ньютона проблему о дистанционном воздействии тел друг на друга.

Пожалуй, наибольший вклад Лапласа в наши представления о механике был не математическим или техническим, а философским. Он понял, что есть простой ответ на вопрос: «От чего зависит то, что произойдёт дальше?». И ответ этот звучит так: «Текущее состояние Вселенной».

Некоторых беспокоит, что такой результат дискредитирует человеческую свободу воли, нашу способность выбирать, как поступить дальше. Как мы убедимся далее, это не физическая, а описательная проблема: каким образом лучше всего рассуждать о человеке? При описании простых ньютоновских систем, например планет, вращающихся вокруг Солнца, важен детерминизм. При рассуждениях о неимоверно более сложных системах, таких как люди, мы не можем добыть достаточно информации, чтобы давать абсолютно точные прогнозы. Наши лучшие теории о людях, описываемые в собственных терминах и не связанные с базовым уровнем частиц и сил, оставляют предостаточно места для свободной воли.

* * *

Согласно классической физике, мир в основе своей не является телеологическим: то, что произойдёт дальше, не зависит от какой-либо будущей цели или окончательной причины, по которой всё может делаться. Мир в основе своей также не историчен; для суждений о будущем — в принципе — требуются лишь точные знания о настоящем моменте, а не о прошлом. Действительно, целостность всей истории в настоящем и будущем определяется исключительно настоящим. Вселенная абсолютно сосредоточена на текущем моменте; она развивается от мгновения к мгновению в тисках нерушимых физических законов, совершенно без учёта славных достижений или многообещающих перспектив. Гораздо позже биолог Эрнст Геккель назвал такой подход *«дистелеологией»*, но

термин оказался очень неудачным и не прижился.

Сегодня мы сказали бы, что Лаплас сближал Вселенную с компьютером. Вселенная получает ввод (текущее состояние Вселенной), производит вычисления (законы физики) и выдаёт вывод (состояние Вселенной в следующее мгновение). Аналогичные идеи до Лапласа высказывали Готтфрид Вильгельм Лейбниц и Руджер Бошкович, а ещё двумя тысячелетиями ранее эти идеи предвосхитила Аджaвика, неортодоксальная школа древнеиндийской философии. Поскольку во времена Лапласа компьютеров ещё не существовало, он воображал «обширный разум», знавший положение и скорость всех частиц во Вселенной, понимавший все силы, которым они подчиняются, и обладавший достаточной вычислительной мощностью для применения законов ньютоновской механики. В таком случае, по мысли Лапласа, «для такого разума ничего не было бы неясного, и будущее существовало бы в его глазах точно так же, как прошлое». Современники сразу же сочли название «обширный разум» невероятно скучным и переименовали его в *«демона Лапласа»*.

Мы привыкли говорить «в следующий миг», но для Ньютона и Лапласа, а также согласно наиболее полным современным представлениям теоретической физики время течёт непрерывно, а не дискретно. Сама эта проблема невелика; она решается при помощи дифференциального исчисления, которое именно для этой цели разработали Ньютон и Лейбниц. Под «состоянием» Вселенной или любой её подсистемы мы понимаем положение и скорость каждой содержащейся в ней частицы. Скорость — это просто темп изменения (производная) положения с течением времени; законы физики также позволяют вывести ускорение — темп изменения скорости с течением времени. Итак, вы сообщаете мне о состоянии Вселенной, а я, используя законы физики, могу просчитать его в будущее или прошлое и узнать о состоянии Вселенной в любой другой момент времени.

Мы говорим на языке классической механики — упоминаем частицы, силы, но сама эта идея гораздо более мощная и универсальная. Лаплас ввёл идею «полей» как важнейшей физической концепции, которая закрепилась в XIX веке в трудах Максвелла и Фарадея по электричеству и магнетизму. В отличие от частицы, обладающей положением в пространстве, поле обладает значением в каждой отдельно взятой точке пространства — в принципе, это и есть поле. Но это значение поля можно трактовать как «положение», а темп его изменения как «скорость», то есть весь мысленный эксперимент Лапласа не теряет актуальности. То же касается

общей теории относительности Эйнштейна, и квантовомеханического уравнения Шрёдингера, и современных построений вроде теории суперструн. Со времён Лапласа любая серьёзная попытка разобраться в глубинных механизмах Вселенной предполагала, что прошлое и будущее определяются текущим состоянием системы. (Возможное исключение — изучаемый в квантовой механике коллапс волновой функции, о чём мы поговорим позднее.)

Этот принцип имеет простое, пусть и потенциально обманчивое название: *«сохранение информации»*. Точно так же, как сохранение импульса подразумевает, что Вселенная может просто оставаться в движении, не нуждаясь при этом в скрытом перводвигателе, сохранение информации означает, что в каждом моменте содержится достаточное количество информации, чтобы определить состояние на любой другой момент времени.

В данном случае термин «информация» нужно воспринимать осторожно, поскольку в разном контексте учёные обозначают этим словом разные вещи. Иногда «информация» означает уже имеющиеся у вас знания о положении дел. В других случаях это имеющаяся в вашем распоряжении информация, воплощённая в виде той или иной макроскопической системы (независимо от того, получаете вы информацию, рассматривая данную систему, или нет). Мы будем использовать третье возможное определение информации: полное описание состояния системы — всё, что возможно о ней узнать. Говоря о сохранении информации, мы имеем в виду как раз всю информацию о системе.

Два этих закона сохранения — импульса и информации — подразумевают массу изменений в нашей наилучшей базовой онтологии. Древнее аристотелевское мировоззрение было удобным и в некотором смысле персоналистическим. Если тела движутся, значит должен быть двигатель; если что-то происходит, то у этого должна быть причина. Лапласовское мировоззрение — сохраняющееся в науке и сегодня — основано на закономерностях, а не на натурах и целях. Если происходит определённое событие, то мы знаем, к какому другому событию оно обязательно приведёт, и такая последовательность описывается законами физики. Почему? Потому что мы наблюдаем именно такую закономерность.

* * *

Демон Лапласа — это мысленный эксперимент, который мы не собираемся воспроизводить в лаборатории. В реальной действительности нет и никогда не будет разума, столь обширного и осведомлённого, чтобы

он мог спрогнозировать будущее Вселенной по её настоящему. Если задуматься и попытаться представить себе такой компьютер, то осознаёшь, что он должен быть не менее мощным и огромным, чем вся Вселенная. Чтобы с достаточной точностью смоделировать целую Вселенную, ею, в сущности, требуется *быть*. Поэтому данная проблема не может считаться практической инженерной задачей — подобное никогда не будет сделано.

Нас в данном случае интересует сам принцип — тот факт, что настоящее Вселенной определяет её будущее, а не возможность воспользоваться этим фактом для прогнозирования. Это свойство, *детерминизм*, задевает некоторых людей. Поэтому стоит внимательнее изучить связанные с ним ограничения и перспективы.

Классическая механика — система уравнений, которую изучали Ньютон и Лаплас, — не является совершенно детерминистичной. Известны такие ситуации, в которых отдельный результат нельзя спрогнозировать по текущему состоянию системы. Большинство людей это не волнует, поскольку подобные случаи исключительно редки — в принципе они бесконечно редки на фоне того множества всевозможных явлений, которые могут происходить в системе. Это искусственные ситуации, о которых забавно размышлять, однако особой роли в окружающем нас беспорядочном мире они не играют.

Более популярное возражение против детерминизма связано с феноменом *хаоса*. Из-за зловещего названия сложно понять простоту этого феномена: во многих видах систем малейшие неточности в наших знаниях об изначальном состоянии системы могут вызывать в них очень серьёзные итоговые вариации. Однако в контексте существования детерминизма существование хаоса не играет решительно никакой роли. Лаплас считал, что исчерпывающая информация позволяет дать идеальный прогноз. Теория хаоса гласит, что слегка неточная информация приводит к очень неточным прогнозам. Именно так, но картина от этого ничуть не меняется. Ни у одного здравомыслящего человека никогда не возникало и мысли о том, что мы могли бы воспользоваться логикой Лапласа и сконструировать полезный прогностический прибор; его мысленный эксперимент всегда имел принципиальное, а не практическое значение.

Настоящая проблема классической механики заключается не в том, как устроен мир. Сегодня мы прекрасно понимаем: квантовая механика, появившаяся в начале XX века, — это совершенно особая онтология. В квантовой механике нет «положений» и «скоростей», есть только «квантовое состояние», также называемое «волновой функцией», на основании которого можно просчитывать результаты экспериментов в

наблюдаемой системе.

Сегодня квантовая, а не классическая механика является наилучшим известным нам способом суждения о глубоком уровне Вселенной. К сожалению и к великому огорчению физиков во всём мире, мы не вполне представляем себе, что же *представляет собой* эта теория. Мы знаем, что квантовое состояние системы, не испытывающее внешних воздействий, развивается идеально детерминистическим образом, и в нём нет даже таких редких, но досадных случаев недетерминизма, какие встречаются в классической механике. Но когда мы проводим *наблюдение* системы, нам кажется, что она ведёт себя беспорядочно, а не детерминированно. Волновая функция «коллапсирует», и мы можем с очень высокой точностью прогнозировать вероятность наблюдения тех или иных результатов такого коллапса, но никогда не можем с определённостью сказать, каков будет результат на этот раз.

Есть несколько конкурирующих подходов к тому, как лучше всего понять проблему измерения в квантовой механике. Некоторые связаны с чистой случайностью, другие (в том числе моя любимая «эвереттовская» или «многомировая» интерпретация) сохраняют полный детерминизм. Мы поговорим об этих альтернативах в главе 21. Однако во всех популярных версиях квантовой механики прослеживается базовая философия лапласовского анализа, пусть даже приходится отказаться от абсолютной предсказуемости: при прогнозировании того, что произойдёт далее, важно только актуальное состояние Вселенной — не какая-либо будущая цель, не знание о том, в каком состоянии система была прежде. Насколько позволяют судить самые точные современные физические данные, каждый момент времени следует за предыдущим согласно чётким, объективным, количественным правилам.

* * *

Существует некоторая разница между лапласовским детерминизмом и тем смыслом, которое большинство людей вкладывают во фразу «будущее предопределено». Эта фраза связана с образами *судьбы*, или *фатума* — идеей о том, что «чему бывать, того не миновать», подразумевающей, что всё уже предрешено кем-то или чем-то.

Физическое понятие детерминизма отличается от судьбы, или фатума, в одном тонком, но важнейшем аспекте: поскольку демона Лапласа в реальности не существует, будущее может быть предопределено настоящим, но буквально никто не знает, каким оно будет. Размышляя о судьбе, можно вспомнить о трёх мойрах из греческой мифологии или о трёх ведьмах из шекспировского «Макбета» — дряхлых пророчицах,

которые, говоря загадками, указывают наш будущий путь; мы пытаемся свернуть с него, но нам это не удаётся. Реальная Вселенная совершенно не такая. Она больше напоминает надоедливого ребёнка, которому нравится приставать к людям и говорить: «А я знаю, что с вами будет!». Когда мы спрашиваем, а что же, ребёнок отвечает: «Не скажу». Когда же что-то происходит, чадо говорит: «Вот видите! А я знал, что это случится!». Вселенная действует так же.

Моментальная, или лапласовская, природа физической эволюции не играет особой роли при выборе, который нам приходится делать в повседневной жизни. В случае поэтического натурализма ситуация ясна. Можно говорить о Вселенной, описывая её как совокупность частиц и квантовых состояний; в данном случае главенствует Лаплас, а последующие события зависят только от актуального состояния системы. Есть и другой способ: Вселенная рассматривается в более широком масштабе, где уже есть место для таких категорий, как «выбор» и «люди». В отличие от наших наилучших теорий о планетах и маятниках, лучшие теории о человеческом поведении недетерминистичны. Мы совершенно не можем предугадать, как поведёт себя человек, исходя из наблюдаемого состояния, в котором этот человек находится. Наши представления о детерминированности человеческого поведения зависят от того, что нам известно.

Глава 5
Почему это произошло?

В 2003 году голландская педиатрическая медсестра Люси де Берк была приговорена к пожизненному заключению без права обжалования приговора за убийство четверых детей, находившихся у неё под присмотром, а также за покушение на убийство ещё троих. Её дело стало сенсацией по необычной причине: из-за злоупотребления статистическим мышлением.

Прямые доказательства вины, выдвинутые против Берк, были сомнительными. Так, в одном случае жертва («малышка Эмбер») предположительно была отравлена дигоксином, но врачи указывали, что подобные химические сигналы могли возникнуть и естественным образом. Важнейшая деталь дела Берк заключалась не в наличии каких-либо неопровержимых доказательствах конкретных убийств, а в полной статистической невозможности такого числа летальных исходов, которые случайно пришлись бы на дежурства одной и той же медсестры. Один эксперт под присягой заявил, что вероятность такого совпадения — менее одного к 342 миллионам. Сторона обвинения убедила следствие в том, что подобная маловероятность, проистекающая из статистических расчётов, позволяет опираться на сравнительно неполную доказательную базу при оценке летальных исходов в целом (чем если бы речь шла о единственном инциденте).

Проблема заключалась в том, что расчёты были совершенно надуманными. Они изобиловали элементарными ошибками — от умножения вероятностей, которые не были независимыми, до «выуживания» мнимых совпадений в большом массиве событий. После вынесения приговора другие эксперты предъявили альтернативные вычисления с результатами вероятности от одного к миллиону до одного к двадцати пяти в зависимости от формулировки вопросов. Дальнейшее расследование показало, что до поступления Берк на работу в эту больницу младенческая смертность там была ещё выше; а ведь при появлении в коллективе серийного убийцы всё должно было оказаться наоборот. В конечном итоге из-за сомнительности статистического обоснования и отсутствия прямых доказательств дело было отправлено на пересмотр. В 2010 году Берк была полностью оправдана.

Однако несправедливый приговор, вынесенный Люси де Берк,

невозможно объяснить лишь математическими ошибками. Вся драма развернулась из-за психологического убеждения: нечто столь ужасное, как смерть всех этих детей, не могло произойти случайно — кто-то должен быть виноват. У этого *должна быть* причина. Смерть ребёнка по определению ужасна, но она легче укладывается в голове, если её удаётся объяснить чьими-то деяниями, а не простой случайностью.

Поиск причин и оснований — глубочайшее свойство человеческой природы. Мы склонны улавливать закономерности, легко различаем лица на поверхности Марса или усматриваем связь между положением Венеры на небе и нашими любовными переживаниями. Мы не только ищем порядок и обусловленность, но и высоко ценим справедливость. В 1960-е годы психолог М. Лернер предложил концепцию «ошибка справедливого мира», заметив склонность людей винить страдальцев, если что-то пошло не так. Для проверки этой идеи он вместе с коллегой Кэролин Симмонс ставил эксперименты, в которых испытуемому показывали другого человека, якобы получавшего мучительные удары током. Затем испытуемые — ничего не знавшие о людях, якобы испытывавших электрошок, — жёстко отзывались о них, порицая их характер. Чем сильнее казались удары током, тем суровее испытуемые относились к жертвам.

* * *

Поиск причин, по которым случаются те или иные вещи, ни в коем случае не иррационален. Во многих привычных контекстах события не происходят «просто так». Если вы сидите в комнате, а окно вдруг разбивается и в него влетает футбольный мяч, то логично будет посмотреть на улицу и проверить, не играют ли там дети. Гигантские киты не материализуются из воздуха на высоте нескольких километров. На протяжении эволюции мы развивали интуицию, связанную с причинно-следственными факторами, так как она помогает разобраться в истинном устройстве мира.

Ошибочно возводить эти ожидания в ранг нерушимого принципа. Мы видим: что-то происходит, и находим этому причину. Это касается не только повседневных событий и рассуждений о человеческой судьбе, но и самых основ онтологии. Мы считаем, что, если мир состоит из определённых вещей и функционирует согласно определённым законам, тому должна быть причина.

У этой ошибки есть название: *«принцип достаточного основания»*. Термин был предложен Готтфридом Лейбницем, но в общем эту идею разделяли и многие более ранние мыслители, наиболее заметным из которых был Барух Спиноза, живший в XVII веке. Одна из формулировок

этого принципа звучит следующим образом:

Принцип достаточного основания (ПДО): всякий истинный факт является истинным по какой-либо причине, и по этой же причине некий иной факт истинным не является.

Лейбниц в своё время сформулировал этот принцип просто как «ничего не происходит без причины», что удивительно близко к максиме «на всё есть причина» — сегодня её пишут и на футболках, и на наклейках для бампера. (Напротив, дизайнер Эмили Макдауэлл, победившая рак, продаёт «отзывчивые открытки», на одной из которых написано: «Можно, я буду первой, кто треснет следующего любителя порассуждать “всё в жизни случается не просто так”?».) Лейбниц допускал, что иногда причины происходящего ведомы лишь Богу.

Почему нам свойственно верить, что мы не просто можем, как правило, найти причину всему происходящему, но и что каждое событие во Вселенной имеет свою причину? Ведь существует очевидная альтернатива: у некоторых явлений есть причины, но есть и «упрямые» факты: они попросту истинны, а почему — непонятно. Как судить, являются ли такие «упрямые» факты элементом базовой онтологии мира?

* * *

Всякий раз, сталкиваясь с вопросами веры, мы можем прибегнуть к приёму под названием *абдукция*, или «вывод к наилучшему объяснению». Абдукция — вид рассуждения, который можно сравнить с *дедукцией* и *индукцией*. При дедукции мы исходим из некоторых аксиом, истинность которых не вызывает сомнений, и тщательно делаем из них соответствующие выводы. При индукции мы исходим из некоторых известных нам примеров и обобщаем их для получения более широкого контекста — тщательно, если у нас есть определённые причины полагать, что подобное обобщение всегда справедливо. Но зачастую такой гарантии у нас нет. При абдукции, напротив, мы берём все наши базовые знания об устройстве мира, возможно предпочитая более простые объяснения сравнительно сложным (бритва Оккама), и решаем, какое из возможных объяснений лучше всего согласуется со всеми имеющимися у нас фактами. В главах 9 и 10 мы подробнее обсудим эту проблему под названием *«байесовский вывод»*.

В случае с принципом достаточного основания давайте для простоты разделим все возможности на две группы, соответствующие двум противоположным гипотезам: у каждого факта есть причина, позволяющая его объяснить (ПДО верен), или у некоторых фактов она отсутствует (ПДО ложен). Каждой из гипотез мы присвоим определённую исходную

субъективную вероятность — начальную степень доверия данной гипотезе. Затем мы будем собирать факты, наблюдая за устройством мира, и соответствующим образом корректировать уровень вероятности.

Как правило, сторонники принципа достаточного основания действуют так: они отказываются собирать факты, заявляя, что у нас есть «базовый метафизический принцип» — так сказать, феномен, усомниться в достоверности которого попросту немыслимо. Соответственно, каждому факту, имеющему причину, они присваивают начальную степень доверия 1, а самому существованию «упрямых» фактов — начальную степень доверия 0. В таком случае никакие факты уже не смогут поколебать этих степеней доверия; вы просто будете верить, что у каждого факта есть достаточное основание.

На самом деле, чтобы обыденное наблюдение могло быть возведено в ранг «метафизического принципа», оно должно соответствовать очень высоким стандартам. Как указывал шотландский философ Дэвид Юм — он как никто заслуживает права именоваться отцом поэтического натурализма, возможно, наряду со своим древнеримским предшественником Лукрецием, — принцип достаточного основания, по-видимому, недотягивает до такого уровня. Юм отмечал, что представление о фактах, не имеющих причин, может показаться необычным, но в нём нет никаких неотъемлемых противоречий, и оно не является логически невозможным.

Если прямо спросить сторонников принципа достаточного основания, почему же мы не можем без него жить, они обычно выбирают одну из двух линий защиты. Во-первых, они могут попытаться апеллировать к другому базовому метафизическому принципу. Например, Лейбниц писал о «принципе наилучшего», согласно которому Бог всегда действовал наилучшим возможным образом — в том числе создавая мир. Этот аргумент убедителен лишь при условии, что мы признаём этот новый принцип безусловно верным, на что редко соглашаются люди, скептически относящиеся уже к принципу достаточного основания.

Другой вариант защиты — заявить, что нечто подобное принципу достаточного основания неотъемлемо от акта логического суждения как такового и что этот принцип по определению исполнен рациональности. Допустим, однажды утром вы решили принять душ, заходите в ванную — а в ванне лежит аккордеон. Скорее всего, вы сочтёте, что аккордеон не мог оказаться в ней без причины. Вероятно, это произошло не просто так. Продолжая такую логику, мы распространяем её на все факты, наблюдаемые во Вселенной; у всего, доступного нашему восприятию, обязательно должна быть причина, считаем мы.

Разумеется, это не аргумент в пользу логической неопровержимости принципа достаточного основания; он попросту подразумевает, что иногда мы действуем так, словно некий подобный принцип является истинным. Честно говоря, это эмпирический аргумент, основанный на фактах, а отнюдь не априорный. По опыту, мы не привыкли к тому, чтобы аккордеоны просто так появлялись где попало; но мы определённо способны представить себе мир, где такое возможно.

Метафизические принципы дают соблазнительные простые объяснения, но руководствоваться ими нельзя. Существуют серьёзные основания полагать, почему все вещи обычно происходят по какой-либо причине, — а также основания, не позволяющие признать такой принцип незыблемым.

* * *

Возможно, покажется странным полагать, что, с одной стороны, мы живём в лапласовской Вселенной, где каждое последующее мгновение вытекает прямо из предыдущего в соответствии с нерушимыми законами физики, а с другой — что есть факты, объяснить которые какими-либо причинами невозможно. Разве мы не можем всегда найти причину происходящего, сославшись, например, на «законы физики и состояние Вселенной в предыдущий момент»?

Всё зависит от того, какой смысл мы вкладываем в слово «причина». Прежде всего, важно различать два вида «фактов», которые мы, возможно, захотим объяснить. Есть *происходящие вещи*, то есть состояния Вселенной (или её частей) в конкретные моменты времени. А ещё есть *свойства Вселенной*, в частности сами законы физики. Достаточные основания для объяснения первых отличаются от достаточных оснований для объяснения вторых.

В случае «происходящих вещей» «основание» фактически тождественно «причине» события. Да, мы с полным правом можем сказать, что такие события объясняются и обусловливаются «законами физики и состоянием Вселенной в предыдущий момент». Это верно даже для квантовой механики, которую иногда ошибочно приводят в качестве примера системы, в которой некоторые события (например, распад атомного ядра) происходят без всяких причин. Если вы ищете именно такие основания, то законы физики действительно их дают — не в качестве метафизического принципа, а в качестве закономерности, наблюдаемой в нашей Вселенной.

Однако когда люди доискиваются оснований, они обычно имеют в виду иное. Если вас занимают вопросы: «Почему кто-то снова открыл

огонь по людям?» или «Почему средняя температура земной атмосферы повышается так стремительно?», то ответ: «Это объясняется законами физики и текущим состоянием Вселенной» — явно будет неудовлетворительным. На самом деле мы ищем какую-то характерную деталь состояния Вселенной, не будь которой, данное событие не произошло бы.

Сами законы физики, как уже обсуждалось выше, никоим образом не связаны с «основаниями» или «причинами». Это просто закономерности, которые объединяют события, разнесённые в пространстве и во времени. Тем не менее концепция «подлинной причины» порой истинна и очень полезна в нашей обыденной жизни. Любой разумный поэтический натуралист счёл бы её полезной составляющей точного способа рассуждения об определённой части Вселенной. Действительно, мы упоминали об этом в самом первом абзаце данного раздела.

Возможно, напрашивается вопрос: «По какой причине целесообразно рассуждать об этих “причинах”?». Ответ на него таков: «Поскольку существует *стрела времени*».

В ближайших разделах мы увидим, что наблюдаемая Вселенная — не просто беспорядочная масса материи, подчиняющейся законам природы, — нет, это материя, возникающая в очень своеобразном виде, которая лишь потом подчиняется законам физики. Под «самым началом» я имею в виду условия, существовавшие на момент Большого взрыва, около 14 миллиардов лет тому назад. Мы не знаем, был ли Большой взрыв фактическим началом отсчёта времени, но этот момент в прошлом — самый ранний, о котором нам известно. С него начинается существование наблюдаемой части космоса. Особая структурная организация Вселенной на тот момент была примечательна тем, что в этой Вселенной наблюдалась очень малая *энтропия*. Энтропия — это научный способ измерения неупорядоченности системы или доли случайности в ней. Энтропия тогда была очень невелика и с тех пор возрастает: наблюдаемая часть Вселенной когда-то находилась в очень необычном упорядоченном виде и за последние 14 миллиардов лет стала гораздо хаотичнее.

Именно благодаря тенденции увеличения энтропии существует стрела времени. Разбить яйцо просто, а воссоздать его, собрав из скорлупок, сложно; сливки с кофе легко смешиваются, а вот отделить их потом друг от друга нельзя; все мы рождаемся юными и постепенно стареем; мы помним вчерашние события и не помним завтрашние. Самое главное: причина события должна ему предшествовать, а не следовать за ним.

В фундаментальных законах физики нет никакой отсылки к

«причинам», равно как и нет стрелы времени. На уровне законов физики прошлое и будущее равноценны. Однако наш обыденный язык объяснений и причинно-следственных связей удобен именно потому, что жёстко завязан на стрелу времени. Без неё рассуждать о Вселенной в таких терминах было бы абсолютно бессмысленно.

В нескольких следующих разделах мы увидим, почему несомненные вещи: у всего есть причина, любое следствие чем-то обусловлено — суть не фундаментальные принципы, а локальные признаки развития материи в нашей локальной Вселенной. Существует тесная связь между *космологией*, с одной стороны, и *знаниями*, с другой. Поняв нашу Вселенную, мы разберёмся и в том, откуда взялось убеждение, что события происходят по какой-либо причине.

Иными словами, «причины» или «основания», по которым происходят события, не фундаментальны; они эмерджентны. Нужно внимательнее изучить историю Вселенной, чтобы понять, почему возникли эти феномены.

* * *

Поиск таких причин хочется начать с самого очевидного вопроса: почему различные свойства Вселенной получились такими, какие они есть? Почему в момент Большого взрыва энтропия была низкой? Почему в пространстве три измерения? Почему протон почти в 2000 раз тяжелее электрона? Почему Вселенная вообще существует?

Эти вопросы весьма отличаются от вопроса о том, «откуда взялся аккордеон у меня в ванне». Мы уже не спрашиваем о конкретных происшествиях, поэтому ответ «потому что таковы были законы физики и исходная конфигурация Вселенной» нас не устраивает. Теперь мы пытаемся выяснить, почему фундаментальная ткань реальности оказалась именно такой, а не иной.

В данном случае важно признать, что подобные вопросы *могут иметь, а могут и не иметь ответов*. Мы вольны их задавать, но не вправе требовать ответа, который бы нас удовлетворил. Мы должны быть готовы к тому, что существуют упрямые факты — просто такова реальность.

Подобные вопросы «Почему?» существуют не в вакууме. Они имеют смысл в определённых контекстах. Если мы спросим: «Почему у меня в ванной оказался аккордеон?», а нам ответят: «Потому что пространство трёхмерное», то такой ответ нас не удовлетворит (хотя, заметим, пожалуй, и верно, что если бы пространство было двухмерным, то аккордеона там бы не оказалось). Мы задаём вопрос в контексте такого мира, где существуют «аккордеоны», которые обычно встречаются в одних местах и

отсутствуют в других; в этом мире также существуют «ванны», в которых регулярно попадаются определённые предметы, а другие предметы не попадаются никогда. Например, в этом контексте возможна такая ситуация. У вас есть сосед по комнате, который минувшим вечером пригласил друзей. Они напились, а одна приятельница пришла с аккордеоном, на котором играла не переставая. Всем это надоело, и аккордеон решили от неё спрятать. Лишь в подобном контексте мы можем надеяться получить ответ на заданный нами вопрос «Почему?».

Однако Вселенная и законы физики, насколько нам известно, не вписаны в более широкий контекст. Но это не исключено — мы должны допускать возможность того, что за пределами нашей Вселенной может что-то находиться, будь то нефизическая реальность или нечто более прозаическое, например совокупность вселенных, слагающих Мультивселенную. В таком контексте можно было бы попробовать задать вопрос о том, какие вселенные являются «нормальными» либо создаются легко, а может быть, найти объяснения для некоторых конкретных явлений, которые мы наблюдаем. В другом случае мы могли бы открыть причины, по которым сами законы физики диктуют строго определённые значения для некоторых величин, которые мы считали случайными (например, масса протона и масса электрона), и эти значения можно вывести из некоего более глубокого принципа. Тогда мы могли бы сами себя похвалить за то, что смогли что-то объяснить.

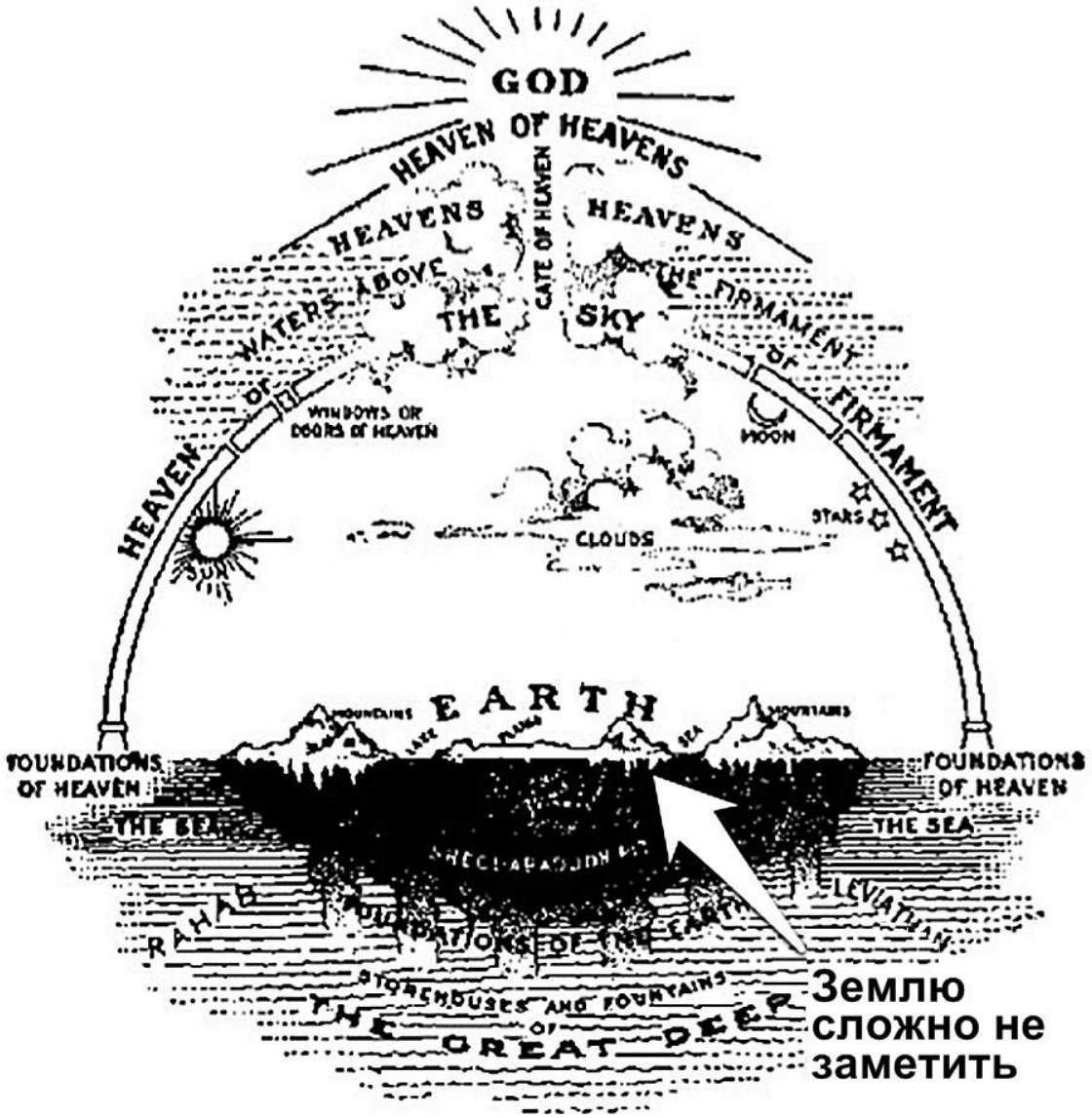
Мы не можем требовать от Вселенной, чтобы она удовлетворяла наш исследовательский азарт. Любознательность — благо, хорошо искать ответы на вопросы «почему?» там, где мы можем их найти, либо если мы полагаем, что, ставя такие вопросы, сможем лучше понять те или иные вещи. Однако мы должны спокойно относиться к тому, что на некоторые вопросы не сможем получить более вразумительного ответа, чем «потому что». Мы к этому не привыкли — интуиция нас заверяет, что любое явление может быть объяснено как следствие определённой причины. Чтобы понять, почему у нас сложилось такое впечатление, нужно подробнее разобраться с тем, как развивалась наша Вселенная.

Глава 6
Наша Вселенная

Ничто так не помогает рассмотреть человеческое существование в контексте, как размышления о космосе. Вы, с удобством расположившись в комнате с бокалом вина и хорошей книгой, можете даже не догадываться о том, что прямо у вас под боком происходит нечто, непосредственно связанное с эволюцией целой Вселенной. Многие важнейшие аспекты нашей жизни на Земле — представления о ходе времени, существовании причин и следствий, наши воспоминания о прошлом и свобода выбирать себе будущее — в конечном итоге являются следствиями тех условий, что сложились к моменту Большого взрыва. Чтобы увидеть эту общую картину, мы должны взглянуть на себя в космологическом контексте.

Сложно без трепета глядеть в ночное небо. В подлинной темноте, далеко от вездесущих огней человеческой цивилизации, иссиня-чёрный фон оживает: на нём сияют тысячи звёзд, несколько планет и величаво раскинувшийся от горизонта до горизонта Млечный Путь — наша Галактика. Кроме того, сложно представить себе истинные масштабы Вселенной, часть которой мы видим, глядя в ночное небо, — нет вех, которые позволяли бы оценить размер и размах Вселенной. Звёзды очень напоминают планеты, хотя мы и знаем, что они совсем другие; звёзды совсем не похожи на Солнце, хотя мы и знаем, что Солнце — одна из звёзд.

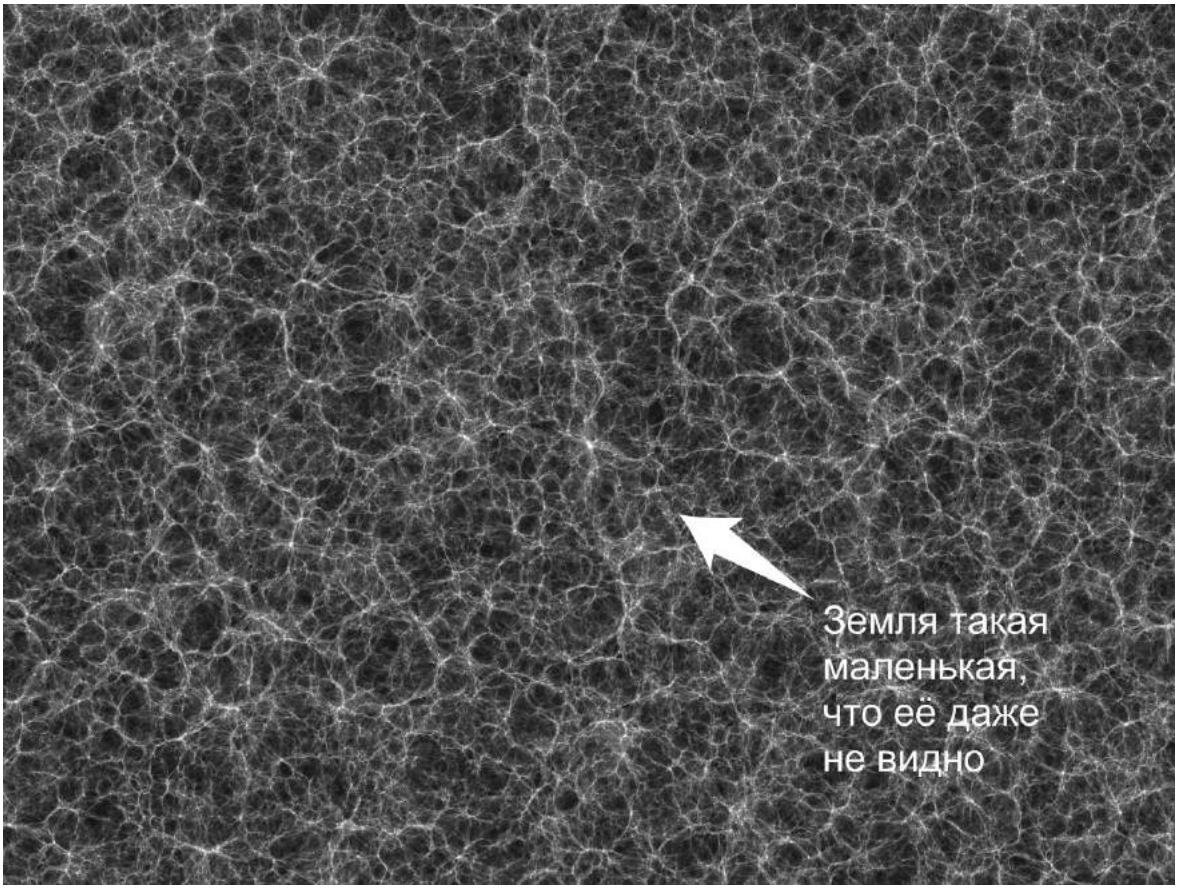
Неудивительно, что древние космологи, теоретизируя о Вселенной, считали её центром феномен, который понимали лучше всего: самих себя. В различных культурах, разбросанных по всему миру, было придумано несколько космологических сюжетов, однако всем им свойственно общее убеждение, что наш дом, Земля, — особенное место. Иногда Земля представляется центром мироздания, в других случаях — основой мира; очень часто она имеет особое значение для той силы или Бога, которые сотворяют мир. Так или иначе, есть общее мнение, что мы *важны* во вселенском масштабе.



Древнееврейская космология

Только в XVI веке Джордано Бруно, итальянский философ и мистик, впервые предположил, что Солнце — лишь одна из многих звёзд, а Земля — лишь одна из многих планет, вращающихся вокруг звёзд. В 1600 году Бруно сожгли в Риме на костре как еретика, заперев рот железным кляпом, шипы которого пронзили ему язык. Вероятно, космологические рассуждения Бруно не относились к той ереси, которую Церковь сочла наиболее возмутительной, но что толку.

Сегодня мы хорошо представляем себе масштабы Вселенной. Бруно был на верном пути — с космологической точки зрения нет никаких признаков того, чтобы мы имели хоть какое-то значение.



Современная космология; модель Вселенной в очень большом масштабе, где показаны миллиарды галактик, в каждой из которых насчитываются миллиарды звёзд, и у многих звёзд есть системы планет, похожие на Солнечную

* * *

Мы долго и упорно складывали современную космологическую картину на основании данных, собранных астрономами, причём полученные результаты зачастую опровергали общепринятые теоретические взгляды своего времени. Век тому назад, в 1915 году, Альберт Эйнштейн добавил последние штрихи к своей общей теории относительности. Согласно этой теории, само пространство–время представлялось динамическим объектом, кривизна которого служит источником известной нам силы тяготения. Можно смело утверждать, что до этого мы не имели ни малейшего понятия о том, что представляет собой Вселенная в большом масштабе. Пространство–время считалось абсолютным и вечным (согласно ньютоновской механике), а астрономы спорили о том, является ли Млечный Путь единственной галактикой во Вселенной либо одной из бесчисленного множества.

Сегодня эти основы изучены очень хорошо. Млечный Путь — хорошо различимая полоса, пролегающая через ночное небо, — это галактика, совокупность звёзд, вращающихся под действием взаимного гравитационного притяжения. Сложно подсчитать, сколько звёзд в галактике Млечный Путь, но их никак не меньше 100 миллиардов. Галактика Млечный Путь — не единственная; известно, что в наблюдаемой части Вселенной рассеяно как минимум 100 миллиардов галактик, большинство из них сравнимо по размеру с нашей. (По случайному совпадению, именно около 100 миллиардов нейронов насчитывается в человеческом мозге.) Недавние исследования близлежащих звёзд показали, что у большинства из них есть планеты того или иного рода, а примерно каждая шестая звезда имеет планету, похожую на Землю.

Возможно, самая примечательная особенность распределения галактик в космосе заключается в том, что чем дальше мы заглядываем, тем большее единообразие наблюдаем. В очень больших масштабах Вселенная удивительно ровная и безликая. У нее нет ни центра, ни верха, ни низа, ни краёв, ни каких-либо особенных мест.

Общая теория относительности подсказывает, что, если рассеять всю эту материю в пространстве, она не будет оставаться на месте. Галактики будут притягивать друг друга, поэтому Вселенная станет либо расширяться из более плотного состояния в более разреженное, либо сжиматься из разреженного в более плотное. В 1920-е годы Эдвин Хаббл открыл, что наша Вселенная действительно расширяется. Исходя из этого открытия мы теоретически можем экстраполировать данный процесс в прошлое. Согласно общей теории относительности, если перемотать плёнку с историей Вселенной до самого начала, то получится сингулярность, где плотность и скорость расширения стремятся к бесконечности.

Этот сценарий был разработан бельгийским священником Жоржем Леметром под названием «Первичный атом», но позже стал именоваться «моделью Большого взрыва», согласно которой ранняя Вселенная была не только плотнее, но и горячее современной. Она была настолько густой и жаркой, что должна была сиять как недра звезды, причём всё это излучение должно по-прежнему наполнять весь космос, то есть его можно обнаружить при помощи телескопов. Это и произошло судьбоносной весной 1964 года, когда астрономы Арно Пензиас и Роберт Уилсон, работавшие в Лаборатории имени Белла, обнаружили космический микроволновый фон — реликтовое излучение, сохранившееся с первых мгновений существования Вселенной, которая постоянно расширялась, при этом остывая. Сегодня его температура составляет чуть более трёх

градусов выше абсолютного нуля — в нашей Вселенной холодно.

* * *

Говоря о «модели Большого взрыва», нужно быть внимательными и не путать её с самим «Большим взрывом». В первом случае имеется в виду крайне успешная теория, описывающая эволюцию наблюдаемой части Вселенной; во втором — гипотетический момент, о котором мы почти ничего не знаем.

Модель Большого взрыва — это просто идея о том, что около 14 миллиардов лет тому назад вся материя во Вселенной была исключительно горячей, плотной и практически равномерно распределённой в пространстве; при этом она стремительно расширялась. По мере расширения пространства материя разрежалась и остывала, звёзды и галактики конденсировались из однородной плазмы под неумолимым действием гравитации. К сожалению, на заре существования Вселенной плазма оставалась настолько густой и горячей что, в сущности, была непрозрачной. Фоновое космическое микроволновое излучение демонстрирует, как выглядела Вселенная, когда приобрела прозрачность, но мы не можем непосредственно увидеть, что было ранее.

Сам Большой взрыв, спрогнозированный общей теорией относительности, — это момент времени, а не место в пространстве. При Большом взрыве материя должна была выплеснуться в пустое первичное пространство; это было начало целой Вселенной, когда вся материя в один миг равномерно распределилась в космосе. Это был момент, до которого не было ничего: ни пространства, ни времени.

Кроме того, наиболее вероятно, что такого момента не было. Большой взрыв был предсказан общей теорией относительности, но считается, что именно в сингулярности — состоянии с бесконечно большой плотностью вещества — общая теория относительности перестаёт работать; сингулярность выходит за пределы применения этой теории. В крайнем случае в таких условиях исключительно важную роль должна сыграть квантовая механика, а общая теория относительности остаётся не более чем классической теорией.

Итак, Большой взрыв в действительности не отмечает начало нашей Вселенной — это момент, ранее которого не работают наши теории. На основе наблюдаемых данных мы довольно хорошо представляем себе, что происходило вскоре после Большого взрыва. Фоновое микроволновое излучение с очень высокой точностью сообщает нам, какая ситуация сложилась сотни тысяч лет спустя, а изобилие лёгких элементов позволяет понять, что происходило во Вселенной, когда вся она была реактором

ядерного синтеза — всего через несколько минут после Большого взрыва. Однако сам Большой взрыв — тайна. Его не следует считать «сингулярностью в начале времён»; лучше понимать его как «не поддающийся описанию древнейший момент, в который Вселенная была невероятно горячей и плотной».

* * *

С тех пор как было открыто расширение Вселенной, космологи ломают голову над тем, какая судьба её ждёт. Будет ли Вселенная расширяться вечно, либо в какой-то момент этот процесс обратится вспять и закончится Большим сжатием?

Важная деталь выяснилась в самом конце XX века, когда две группы астрономов объявили, что Вселенная не просто расширяется, а расширяется с ускорением. Если наблюдать определённую далёкую галактику и измерять её скорость, а затем повторить такой замер несколько миллионов или миллиардов лет спустя, то окажется, что теперь эта галактика удаляется от вас ещё быстрее. Разумеется, астрономы поступили иначе: они просто сравнили скорости галактик, удалённых от нас на разное расстояние. Если такая закономерность будет сохраняться всегда — что представляется весьма вероятным, то расширение и разрежение Вселенной продлятся вечно.

В принципе, следовало бы ожидать, что расширение Вселенной должно замедляться под действием взаимного гравитационного притяжения галактик. Наблюдаемое ускорение должно быть вызвано чем-то иным, нежели известной нам материей. Существует очевидный, наиболее вероятный кандидат на роль такого «ускорителя» — это *энергия вакуума*, которую открыл Эйнштейн и назвал *«космологической постоянной»*. Энергия вакуума — это разновидность энергии, присущая пространству как таковому; она имеет постоянную плотность (количество энергии на кубический сантиметр) даже в условиях расширения пространства. Поскольку в рамках общей теории относительности энергия взаимодействует с пространством–временем, энергия вакуума никуда не исчезает и не расходуется; она может раздвигать пространство вечно.

Разумеется, мы не знаем, будет ли этот процесс вечным; мы можем лишь экстраполировать наши теоретические представления в будущее. Но возможно, и в некотором смысле было бы наиболее просто, если бы ускоряющееся расширение так и продолжалось до бесконечности.

Таким образом, нашу Вселенную ждёт довольно унылое будущее. Сейчас ночное небо искрится сияющими звёздами и галактиками. Но так будет не всегда: звёзды израсходуют топливо и погаснут. По оценке

астрономов, последняя тусклая звезда потухнет примерно через квадриллион (10^{15}) лет. К тому времени другие галактики уже будут далеко, а наша, местная группа галактик будет заполнена планетами, мёртвыми звёздами и чёрными дырами. Все эти планеты и звёзды одна за другой упадут в чёрные дыры, которые, в свою очередь, сольются в одну сверхмассивную чёрную дыру. В конечном итоге, как считает Стивен Хокинг, даже эти чёрные дыры испарятся. Примерно через один гугол (10^{100}) лет все чёрные дыры в наблюдаемой части Вселенной рассеются и превратятся в тонкую дымку частиц, которая, в свою очередь, будет становиться всё более разреженной по мере расширения космоса. Окончательным исходом этого наиболее реального сценария, описывающего будущее нашей Вселенной, станет пустое и холодное пространство, которое будет существовать практически вечно.

* * *

Мы маленькие, Вселенная большая. Задумавшись о масштабах космоса, сложно поверить, что наше существование здесь, на Земле, играет важную роль и вообще имеет какое-либо предназначение.

Разумеется, это лишь то, что мы наблюдаем. Насколько нам известно, Вселенная может быть бесконечно велика либо быть только слегка больше, чем мы видим. Однородность, характерная для наблюдаемой нами области пространства, может продолжаться неопределённо далеко, либо другие регионы Вселенной могут быть исключительно непохожи на наш. Заявляя что-либо о свойствах Вселенной, находящейся за пределами досягаемости наших измерений, следует проявлять сдержанность.

Одно из наиболее поразительных свойств Вселенной — это контраст между её однородностью в пространстве и драматической эволюцией во времени. По-видимому, мы живём во Вселенной с ярко выраженным временным дисбалансом: с момента Большого взрыва до сегодняшнего дня минуло 14 миллиардов лет, а между нашим временем и концом Вселенной может пройти бесконечно долгий срок. Насколько мы знаем, оправданно считать, что мы живём в очень ранний и бурный период истории Вселенной — тогда как на протяжении большей части этой истории Вселенная будет тёмной, холодной и пустой.

Почему так? Может быть, у всего этого есть более глубокое объяснение, а может быть, это просто факт. Максимум, что может сделать современный космолог, — попытаться определить по этим наблюдаемым признакам Вселенной её истинную природу и попробовать сложить из них более полную картинку. Важнейший вопрос, встающий при этом перед

нами: почему материя во Вселенной миллиарды лет развивалась так, что в ней появились мы?

Глава 7
Стрела времени

Все люди в течение жизни взрослеют, превращаясь из младенцев в стариков. Вселенная также меняется с возрастом — после Большого взрыва она была горячей и плотной, а в будущем станет холодной и пустой. Это два разных проявления хода времени — вектора, отличающего прошлое от будущего. Далеко не очевидно, что два этих процесса тесно связаны — однако это так. Причина, по которой мы рождаемся юными, а умираем старыми; причина, по которой мы можем выбирать, что сделать в будущем, но не можем изменить прошлое; причина, по которой мы помним прошлое, а не будущее, — все эти свойства прослеживаются вплоть до эволюции большой Вселенной и, в частности, до тех условий, в которых она зародилась 14 миллиардов лет тому назад в момент Большого взрыва.

Традиционно люди представляли всё наоборот. Было принято считать, что мир является *телеологическим* — ориентированным на какую-то грядущую цель. Однако лучше считать его *этнологическим* — от греческого слова «εκκίνηση», означающего «начало» или «отправление». Всё интересное и сложное, что есть в нашей Вселенной, можно проследить вплоть до её начала, а последствия этих изначальных событий мы испытываем каждый день.

Этот факт о Вселенной исключительно важен для понимания общей картины. Мы наблюдаем повседневный мир и описываем его в контексте причин и следствий, оснований, предназначений и целей. Ни одна из этих концепций не существует на базовом, глубинном уровне реальности. Они возникают, когда мы поднимаемся от основ мира к повседневности. Чтобы уяснить, почему мы, казалось бы, живём в мире причин и целей, а глубинная природа реальности состоит из безликих лапласовских закономерностей, требуется понять стрелу времени.

* * *

Для того чтобы понять время, удобно начать с пространства. Здесь, на поверхности Земли, простительно полагать, что существует принципиальная разница между «вверху» и «внизу», глубоко укоренившаяся в структуре реальности. В действительности же, на уровне законов физики, все направления в пространстве равны. Если бы вы были космонавтом, вышли в скафандре в открытый космос и занялись бы там какой-то работой, то не заметили бы никакой разницы между любыми

пространственными направлениями. Явные различия между «верхом» и «низом» заметны не потому, что такова природа пространства, а потому, что мы живём вблизи от очень значительного объекта: Земли.

Со временем всё точно так же. В нашем обыденном мире ход времени ни с чем не спутаешь, и простительно полагать, что существует принципиальная разница между прошлым и будущим. На самом деле оба направления времени равноценны. Явные различия между «прошлым» и «будущим» заметны не потому, что такова природа времени, а потому, что мы существуем вскоре после очень значительного события: Большого взрыва.

Вспомните Галилея и закон сохранения импульса: физика упрощается, если игнорировать трение и другие обременительные эффекты, а рассматривать изолированные системы. Итак, давайте представим себе, что маятник качается вперёд и назад, а для удобства предположим, что наш маятник находится в герметичной вакуумной камере и не испытывает сопротивления воздуха. При этом кто-то записывает на плёнку движение маятника и потом показывает вам этот ролик. Вы не слишком впечатлены — ведь вы видели маятники и раньше. Тогда вам открывают тайну: на самом деле ролик воспроизводился в обратном направлении. Вы этого не заметили, так как маятник, отмеряющий время назад, выглядит точно так же, как и отмеряющий время вперёд.

Это простой пример, иллюстрирующий очень общий принцип. Если система в соответствии с законами физики может каким-либо образом изменяться «вперёд», то возможна и её эволюция в обратном направлении, «назад». Законы физики никоим образом не регламентируют, что явления могут происходить только в одном направлении времени, но не в другом. Физические движения, насколько нам известно, *обратимы*. Оба направления времени равноценны.

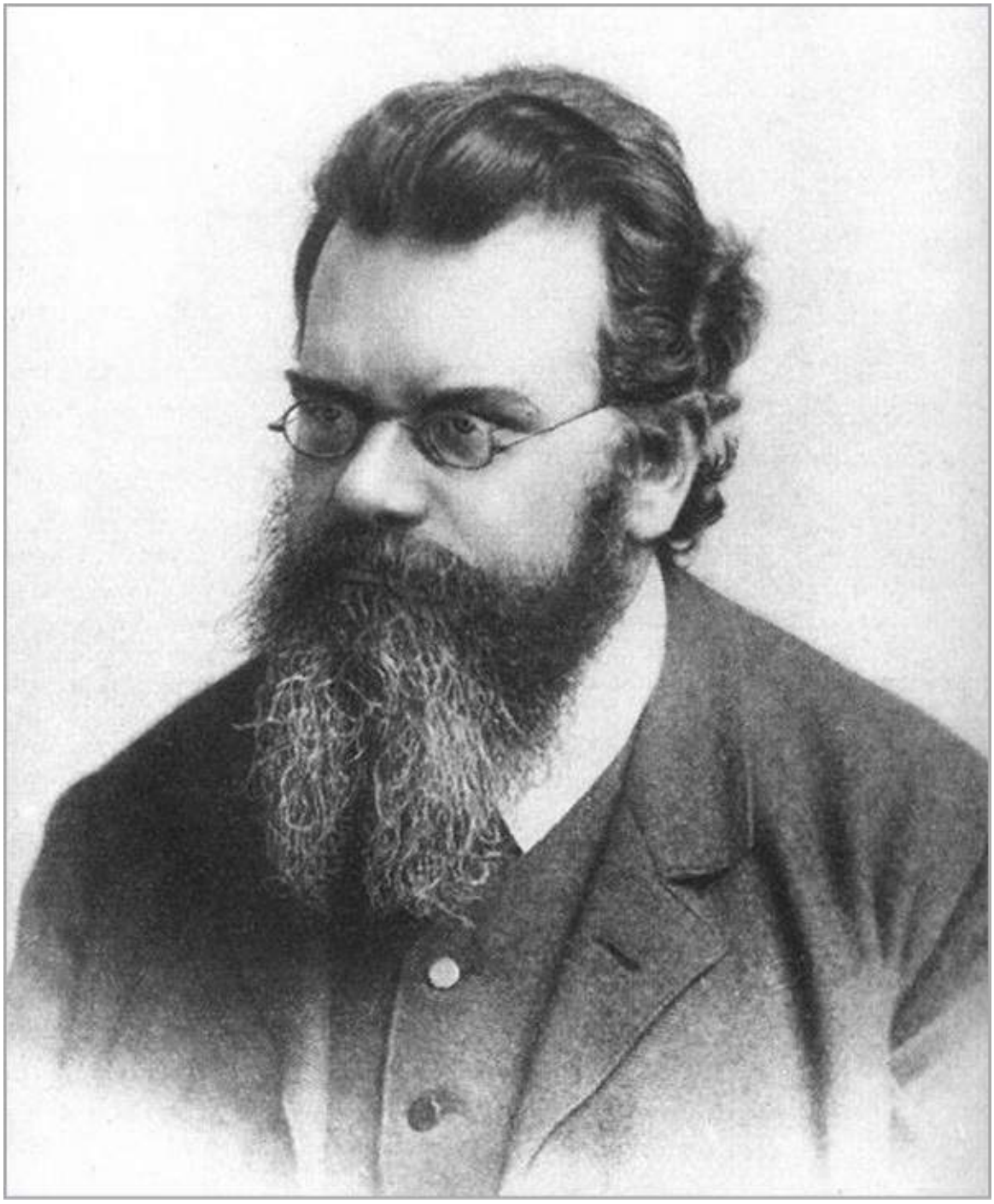
Всё это кажется достаточно разумным в случае простых систем: маятников, планет, вращающихся вокруг Солнца, хоккейной шайбы, скользящей почти без трения. Но если задуматься о сложных макроскопических системах, то весь наш опыт свидетельствует о том, что определённые процессы развиваются во времени именно от прошлого к будущему, но не наоборот. Яйца разбиваются и зажариваются, но их нельзя разжарить и залить обратно в скорлупу; духи рассеиваются по комнате, но никогда не возвращаются во флакончик; сливки смешиваются с кофе, но спонтанно разделить их нельзя. Если существует гипотетическая симметрия между прошлым и будущим, почему столь многие повседневные процессы происходят лишь от прошлого к будущему, но не

наоборот?

Даже в случае таких сложных процессов оказывается, что возможны обратные процессы, полностью согласующиеся с законами физики. Яйца могут собраться в скорлупу, духи — вернуться во флакончик, сливки — отделиться от кофе. Нам всего лишь потребуется вообразить, как траектория каждой частицы в нашей системе (а также в телах, с которыми она взаимодействует) изменяется на противоположную. Ни один из этих процессов не нарушает законов физики — дело только в том, что они крайне маловероятны. В сущности, вопрос не в том, почему мы никогда не видели желтка, вернувшегося в скорлупу, а в том, почему в прошлом мы видели яйца целыми.

* * *

Наше базовое представление об этих проблемах было впервые сформулировано во второй половине XIX века группой учёных, основавших новую научную дисциплину под названием *«статистическая механика»*. Одним из их лидеров был австрийский физик Людвиг Больцман. Именно он обратил внимание на феномен энтропии, считавшийся основной идеей в изучении термодинамики и необратимости, и соотнёс энтропию с микроскопическим миром атомов.



Людвиг Больцман, гений энтропии и вероятности (1844–1906)

До Больцмана энтропию рассматривали в контексте неэффективности механизмов, например паровых двигателей, которые в те годы были ультрасовременной техникой. Всякий раз, сжигая топливо для выполнения полезной работы, например движения поезда, мы теряем часть энергии, выделяющейся в виде тепла. Энтропию можно понимать как способ

измерения такой неэффективности; чем больше такой лишней теплоты, тем больше порождается энтропии. При этом, что бы вы ни делали, общая энтропия всегда будет положительной. Можно заморозить продукты в холодильнике, но при этом решётка у него сзади обязательно нагреется. Эта истина была сформулирована в виде *второго закона термодинамики*: общая энтропия закрытой системы никогда не уменьшается: с течением времени она либо остаётся постоянной, либо возрастает.

Больцман и его коллеги утверждали, что энтропию можно трактовать как способ упорядочения атомов в тех или иных системах. Можно считать теплоту и энтропию не разными явлениями, подчиняющимися различным законам физики, а свойствами систем, состоящих из атомов. Эти законы можно вывести из ньютоновской механики, которой подчиняется всё во Вселенной. Иными словами, теплота и энтропия — это просто разные *способы рассуждения* об атомах.

Главное озарение Больцмана заключалось в том, что, когда мы берём яйцо или чашку кофе со сливками, мы не видим отдельных атомов, из которых они состоят. Мы видим лишь наблюдаемые макроскопические черты. Существует множество вариантов расположения атомов, которые в макроскопическом масштабе выглядели бы совершенно одинаково. Наблюдаемые свойства предмета — это грубая картина истинного состояния системы.

С учётом этого Больцман предположил, что энтропию системы можно определить как число различных состояний, которые на макроуровне будут неотличимы от того состояния, в котором она сейчас находится. (На самом деле речь идёт о логарифме числа неотличимых состояний, но мы не будем вдаваться в эти математические детали.) При низкой энтропии таких состояний будет относительно немного, а при высокой — много. Существует множество способов упорядочить молекулы кофе и сливок так, чтобы две жидкости выглядели перемешанными, но найдётся гораздо меньше вариантов, в которых все сливки окажутся сверху, а весь кофе — снизу.

Благодаря определению Больцмана становится совершенно понятно, что энтропии свойственно расти с течением времени. Причина проста: состояний с высокой энтропией гораздо больше, чем состояний с низкой энтропией. Если начать с конфигурации с низкой энтропией и просто позволить ей развиваться в любом направлении, то с огромной вероятностью энтропия будет увеличиваться. Если энтропия системы достигла максимума, то говорят, что система находится в равновесии. В такой ситуации стрела времени исчезает.

* * *

Больцману удалось объяснить, почему завтра энтропия системы с большой вероятностью окажется выше, чем сегодня. Проблема в том, что, поскольку на уровне базовых законов ньютоновской механики прошлое и будущее не различаются, именно этот анализ также должен показывать, что энтропия была выше *вчера*. Никто не думает, что в прошлом энтропия действительно была выше, а значит, в нашей картинке чего-то не хватает.

Не хватает же допущения о том, в каких условиях возникла наблюдаемая Вселенная — а именно, что это было состояние с очень низкой энтропией. Философ Дэвид Альберт назвал это допущение *«гипотеза прошлого»*. Если учесть это допущение, а также другое (значительно более слабое) о том, что исходные условия не были достаточно тонко настроены, чтобы со временем энтропия продолжала снижаться, то всё становится на свои места. Причина, по которой энтропия вчера была ниже, чем сегодня, проста: позавчера она была ещё ниже. Также верно, что позапозавчера она была ещё ниже. Такая логика продолжается на 14 миллиардов лет в прошлое, прямо до Большого взрыва. Он мог быть абсолютным началом пространства и времени, а мог и не быть, но он определённо положил начало той Вселенной, которую мы можем наблюдать. Следовательно, истоки стрелы времени экинологические: она возникла и особых условиях в далеком прошлом.

Никто в точности не знает, почему в ранней Вселенной была такая низкая энтропия. Это одно из явлений, которые могут иметь более глубокие объяснения, пока нами не найденные, либо, возможно, это просто факт, который мы должны принять как данность.

Тем не менее мы знаем, что эта исходная низкая энтропия породила «термодинамическую» стрелу времени — такую, в соответствии с которой энтропия в прошлом ниже, чем в будущем. Живительно, но представляется, что это свойство энтропии и вызывает *все* известные нам различия между прошлым и будущим. Память, старение, причинно-следственные связи — всё можно объяснить вторым законом термодинамики и, в частности, тем фактом, что в прошлом энтропия была низкой.

Глава 8
Память и причины

Жизнь каждого человека подчинена неумолимому времени. Мы рождаемся юными, стареем и умираем. Мы переживаем моменты удивления и наслаждения, а также периоды глубокой грусти. Наша память — драгоценная хроника прошлого, а наши устремления помогают нам планировать будущее. Если мы хотим понять, какое место занимает повседневная жизнь человеческого существа в естественном мире физических законов, то одна из наших приоритетных целей — уяснить, как ход времени связан с жизнью отдельного человека.

Возможно, вы готовы поверить в то, что нечто простое и механистичное, например возрастание энтропии, может обусловливать не менее простые и механистичные процессы, такие как смешивание сливок и кофе. На первый взгляд, сложнее доказать, что энтропия также целиком и полностью определяет наше восприятие хода времени. Прошлое и будущее кажутся не просто разными направлениями времени, но и совершенно разными феноменами. Интуиция заверяет нас, что прошлое незыблемо — оно уже свершилось, тогда как будущее пока не сформировано и ждёт нас впереди. Реально только настоящее, конкретный *миг*.

Однако тут вмешивается Лаплас, рассказывающий нам что-то иное. Информация о точном состоянии Вселенной сохраняется во времени; фундаментальных различий между прошлым и будущим не существует. Нигде в законах физики не упоминаются какие-либо временные отметки: этот момент «уже свершился», а этот «ещё нет». Законы физики в равной мере относятся к любому моменту, они связывают все эти мгновения в уникальном порядке.

Можно отметить три аспекта, в которых прошлое и будущее кажутся нам принципиально несхожими:

- мы помним прошлое, но не будущее;
- причина предшествует следствию;
- совершая выбор, мы можем влиять на будущее, но не на прошлое.

Все эти характерные признаки времени в конечном итоге согласуются с тем фактом, что Вселенная функционирует по законам, симметричным во времени, причём согласуются вот почему: в прошлом энтропия была ниже, чем в будущем. Давайте сперва рассмотрим два этих факта, отложив на время более противоречивые проблемы выбора и свободной воли. Мы

доберёмся и до них (предсказываю).

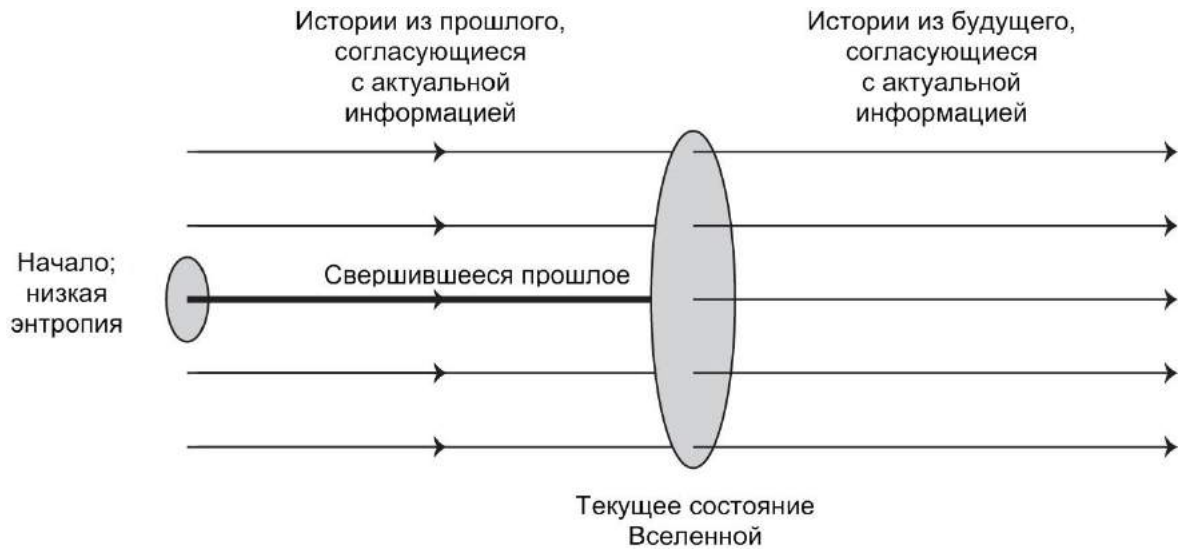
* * *

Кроме феномена памяти существует ещё несколько важных проявлений стрелы времени. У нас остаются впечатления — не всегда точные, но зачастую вполне качественные — о событиях, происходивших в прошлом. Будущее можно спрогнозировать, но нельзя вспомнить. Этот дисбаланс вполне согласуется с нашим интуитивным ощущением, что онтологический статус прошлого и будущего сильно различается; первое уже свершилось, а второе — нет.

С лапласовской точки зрения, согласно которой информация о каждом моменте сохраняется во времени, память — это не какой-либо прямой доступ к событиям прошлого. Это свойство настоящего, поскольку настоящее — всё, что у нас есть. Тем не менее всё-таки существует эпистемологическая асимметрия между прошлым и будущим. Эта асимметрия — следствие низкой энтропии в ранней Вселенной.

Допустим, вы идёте по улице и видите: лежит на тротуаре разбитое яйцо. Задумайтесь, что могло бы случиться с этим яйцом в будущем, и сравните это с его недавним прошлым. В будущем яйцо могло смыть ливнем, мимо могла пробегать собака и вылакать желток, либо яйцо могло просто тухнуть здесь ещё несколько дней. Итак, существует много возможностей. Однако в прошлом общая картина гораздо беднее: можно не сомневаться, что яйцо было целым, а затем его кто-то бросил или уронил в этом месте.

Мы не можем напрямую заглянуть в прошлое яйца, точно так же, как не можем заглянуть в будущее. Но мы лучше представляем себе, что с ним было, чем то, что с ним будет. В конечном итоге, даже если мы не осознаём этого, причина нашей уверенности такова: в прошлом энтропия была ниже. Мы очень привыкли к тому, что целые яйца разбиваются: это естественный ход вещей. В принципе число событий, которые могут произойти с яйцом в будущем, в точности равно множеству возможностей, которые могли привести его в актуальное состояние; это следствие сохранения информации. Однако при помощи Гипотезы прошлого мы исключаем большинство из этих возможностей.



Гипотеза прошлого, предполагающая исходное состояние с низкой энтропией, нарушает симметрию между прошлым (*слева*) и будущим (*справа*)

История с яйцом — модель для любых «воспоминаний», которые могут у нас быть. Речь не только о воспоминаниях как таковых, хранящихся в нашей памяти; любые записи о событиях прошлого — от фотографий до исторических книг — подчиняются тому же принципу. Все эти свидетельства, включая состояние определённых нейронных связей в нашем мозге, которые мы считаем «памятью», относятся к текущему состоянию Вселенной. Настоящий момент как таковой в равной степени ограничивает как прошлое, так и будущее. Но текущее состояние вкупе с гипотезой о том, что в прошлом энтропия была ниже, даёт нам мощный инструмент для понимания фактической истории Вселенной. Именно этот инструмент позволяет нам считать (зачастую верно), что в нашей памяти хранится достоверная информация о минувших событиях.

* * *

Выше, в четвёртом разделе, мы обратили внимание на то, как лапласовское сохранение информации заставляет усомниться в аристотелевской точке зрения о центральной роли причинности. Такие феномены, как «причина», отсутствуют в ньютоновских уравнениях, а также в современных формулировках законов природы. Тем не менее мы не можем отрицать, что идея «одно событие обусловлено другим» очень логична и, казалось бы, хорошо согласуется с нашим восприятием мира. Проследив, откуда берётся это несоответствие, возвращаемся к энтропии и стреле времени.

Может показаться странным, что сначала мы описываем мир как систему, подчиняющуюся нерушимым физическим законам, а затем заходим с другой стороны и не признаём центральную роль причинности. В конце концов, если законы физики позволяют спрогнозировать на основании текущего момента, что произойдёт в следующий, не это ли «причина и следствие»? А если мы отказываемся признавать, что каждое следствие имеет причину, не обрушиваем ли мы наш мир в хаос и не утверждаем ли, что произойти может в принципе что угодно?

Всё встанет на свои места, как только мы поймём существенное различие взаимосвязей между прошлым и будущим, свойственных, с одной стороны, законам физики и, с другой — причинам и следствиям. Законы физики — это жёсткие закономерности. Если шар находится в определённом положении и имеет определённую скорость в определённый момент времени, то законы физики позволяют определить, какие положение и скорость у него будут через секунду и какие были секундой ранее.

Напротив, говоря о причинах и следствиях, мы вычленяем определённые события как *ответственные* за события, происходящие в будущем, «провоцирующие» их. Законы физики работают иначе: события просто следуют в определённом порядке, ни одно событие никак не «отвечает» за иные события. Мы не можем выбрать определённый момент или какой-либо аспект момента и обозначить его как «причину». Различные моменты времени в истории Вселенной следуют один за другим согласно определённой закономерности, но ни один момент не обусловливает другой.

* * *

Осознавая эту черту мироустройства, некоторые философы выступали за полный отказ от причин и следствий. Как однажды заметил Бертран Рассел:

Мне представляется, что закон причинности, как и многое другое, что имеет хождение среди философов, является пережитком прошлого, живущим, подобно монархии, только потому, что, по ошибочному мнению, он якобы не приносит вреда.

Это понятная реакция, однако, пожалуй, несколько экстремальная. В конце концов, если бы мы вообще перестали обращать внимание на причины, то в повседневной жизни нам пришлось бы туго. Определённо, рассуждая о человеческих поступках, нам нравится ставить их кому-то в заслугу или вменять в вину; это было бы невозможно, если бы мы даже не могли судить о том, окажут ли их действия какой-либо эффект.

Причинность — очень удобный способ рассуждения о нашей обыденной жизни.

Как и в случае с памятью, прослеживая возникновение повседневной причинности из базовых жёстких закономерностей, присущих законам физики, мы доберёмся до стрелы времени. Приведём пример, очень похожий на ситуацию с разбитым яйцом: бокал вина опрокинули на ковёр. Существует множество прошлых и будущих вариантов развития событий, описывающих состояние атомов вина и стакана и согласующихся с тем, что мы наблюдаем в настоящий момент. Давайте теперь добавим «малую гипотезу прошлого», согласно которой пять минут назад бокал вина неподвижно стоял на столе.

Эта гипотеза нарушает симметрию между прошлым и будущим и ограничивает пятиминутным сроком возможные события, которые могли произойти с бокалом вина. Однако обратите внимание на важнейшее свойство данного ограничения: мы знаем, что, если бы бокал просто стоял на столе и никто его не трогал, ситуация явно развивалась бы иначе. Если бы его не трогали, то бокал с огромнейшей вероятностью так и стоял бы на месте. Бокалы с вином не падают на ковер просто так, по собственной воле.

Следовательно, мы можем с уверенностью сказать, что на бокал вина что-то подействовало: его задели локтем, либо кто-то пытался втиснуть тарелку с сыром на заставленный стол. Располагая такой информацией, мы не можем с определённостью сказать, что именно произошло, но можем быть уверены в том, что в ситуацию вмешался какой-то посторонний фактор, из-за которого бокал оказался на полу, — но он не упал бы, если бы остался в неприкосновенности. Этот фактор, каков бы он ни был, можно с полным правом назвать «причиной» падения бокала.

* * *

Всё это звучит достаточно невинно, но что же происходит на самом деле? Определённо, можно в каком-то смысле объяснить актуальное состояние бокала с вином как результат «сложившегося состояния Вселенной и действия законов физики». Всё происходящее можно описать таким образом. Но существует и более *дельный* способ охарактеризовать ситуацию, неразрывно связанный с контекстом, о котором мы говорим. В данном случае рассуждения основаны на некоторых фактах, известных нам о винных бокалах, и информации о том, в каком окружении существуют эти бокалы, и о данной конкретной ситуации. Если бокал вина не трогать, он спокойно стоит на столе и может оставаться в таком состоянии неопределённо долго. Если бокал окажется в невесомости на МКС, то мы сделаем совсем иные выводы.

Очень важно понимать контекст, поскольку, ссылаясь на причинность, мы сравниваем *произошедшее* с тем, что *могло бы* произойти в ином гипотетическом мире. Философы в таком случае говорят о *модальных суждениях* — размышлении не только о свершившемся, но и о потенциально возможном в других мирах.

Мастером модальных суждений был Дэвид Льюис — один из наиболее влиятельных философов XX века, о котором никогда не слышали неспециалисты. Льюис полагал, что мы можем осмыслить утверждения вида «*A* приводит к *B*», воображая несколько возможных миров, в частности миров, полностью идентичных, за исключением того, произошло ли в них событие *A*. Затем, если мы видим, что событие *B* произошло во всех мирах, где также произошло событие *A*, но не происходит там, где события *A* не было, то можно смело утверждать, что «*A* вызывает *B*». Если винный бокал падает и разбивается в ситуации, когда Салли неосторожно размахивает руками, но остаётся на столе в аналогичном мире, где она этого не делает, то именно движение Салли вызвало падение бокала с вином.

В таком случае есть только одна загвоздка. Почему мы говорим, что *A* вызывает *B*, а не *B* вызывает *A*? Отчего мы не думаем, что Салли взмахнула рукой именно потому, что бокалу суждено было упасть со стола?

Ответ связан с тем, какое воздействие различные события оказывают друг на друга. Когда мы говорим о памяти и другой фиксации прошлого, идея такова, что более позднее событие (например, ваша фотография, сделанная на выпускном вечере) однозначно предполагает некое более ранее событие (вы пришли на выпускной вечер). Но не наоборот: вполне можно представить, что вы пришли на выпускной вечер, но ни на одну фотографию не попали. Причины — это заход с другой стороны. Видя на полу бокал и разлитое вино, мы можем представить себе, что он мог оказаться там не только из-за толчка рукой, — однако с учётом исходного положения бокала мы понимаем, что он однозначно опрокинется, если его задеть локтем. Когда более позднее событие значительно влияет на более раннее, мы называем последнее «записью» первого; когда более раннее событие значительно влияет на более позднее, мы называем последнее «причиной» первого.

«Воспоминания» и «причины» не входят в состав нашей фундаментальной онтологии, описывающей мир, — той, которую мы открываем путём тщательных исследований. «Воспоминания» и «причины» — это придуманные нами концепции, при помощи которых удобно описывать макромир. Стрела времени определяющим образом

влияет на то, как эти контексты соотносятся с базовыми законами физики, симметричными во времени. Такая «стрела» возникает, поскольку мы знаем что-то конкретное и информативное о прошлом (оно характеризовалось низкой энтропией), но не можем утверждать ничего подобного о будущем. Наше время выталкивается из прошлого, а не увлекается в будущее.

Часть II
Понимание

Глава 9
Изучая мир

Не так много известно о преподобном Томасе Байесе, жившем в XVIII веке. Он служил пастором в небольшом приходе, а также опубликовал две научные работы. В первой он защищал ньютоновскую теорию дифференциального исчисления, когда та ещё в этом нуждалась, а во второй доказывал, что первейшая цель Бога — осчастливить всех своих созданий.

Однако в конце жизни Байес заинтересовался теорией вероятности. Его заметки на эту тему были опубликованы уже после смерти автора, но впоследствии оказали огромное влияние на науку — при поиске в Google по слову «Bayesian» получаем более двух миллионов результатов. Байес был одним из тех, кто вдохновил Пьера-Симона Лапласа, давшего более точную формулировку вероятностных законов. Байес был пастором английской нонконформистской пресвитерианской церкви, а Лаплас — французским математиком-атеистом; это доказывает, что интеллектуальные интересы — вещь универсальная.

Вопрос, поставленный Байесом и его последователями, формулируется просто, но необъятен по своему размаху: «Насколько хорошо мы знаем то, что, казалось бы, знаем?». Если нас интересуют наиболее общие вопросы об истинной природе реальности и о нашем месте в ней, то было бы полезно найти наилучший способ уверенного понимания этих проблем.

Уже задавая такой вопрос, мы признаём, что наши знания не вполне надёжны (как минимум отчасти). Это признание позволяет нам сделать первый шаг на пути к мудрости. Второй шаг — понять, что, хотя ничто и не является абсолютно достоверным, не все наши убеждения одинаково надёжны: одни авторитетнее других. Байес предложил удобный способ отслеживать степень нашей веры и корректировать взгляды по мере приобретения новой информации — именно за этот вклад его сегодня и помнят.

Существует небольшое, но активное сообщество фанатов теории вероятности, в котором не утихают бурные споры о том, Что Же Такое Вероятность. Одна партия называется *«фреквентисты»* — они считают, что «вероятность» есть всего лишь сокращённое обозначение «частоты того или иного события при бесконечном числе попыток». Если вы

скажете, что шансы того, что подброшенная монета упадёт орлом вверх, составляют 50%, то фреквентист подскажет: на самом деле вы имели в виду, что при бесконечном числе бросков получится равное число падений орлом или решкой.

Вторая партия — *«байесовцы»*, по мнению которых значения вероятности всего лишь выражают степень вашей уверенности в случаях незнания или неопределённости. Для байесовца утверждение о «пятидесятипроцентной вероятности падения монеты орлом» всего лишь свидетельствует о том, что у вас нет никаких причин предпочесть один вариант другому. Если бы вам предложили поспорить, какой стороной упадёт монета, то вы бы с равным успехом могли поставить на орла или решку. Затем байесовец с готовностью вам объяснит, что именно это вы и *могли иметь в виду* при таком утверждении, поскольку никогда не наблюдали бесконечного числа попыток, а мы зачастую говорим о вероятностях применительно к однократным событиям, например выборам или спортивным матчам. Фреквентист в таком случае возразит, что байесовец вносит в объективное рассуждение о мироустройстве ненужный элемент субъективности и индивидуальной неосведомлённости, поэтому ошибается.

* * *

Здесь мы не пытаемся сделать какие-либо глубокие выводы о природе вероятности. Нас интересуют верования: вещи, которые кажутся людям истинными или, по крайней мере, вероятно истинными. Слово «верование» иногда используется как синоним «убеждения в истинности чего-либо без достаточных на то оснований», что приводит атеистов в бешенство и заставляет их вообще отказаться от этого слова. Мы будем использовать это слово для обозначения всего, что считаем истинным, независимо от того, есть ли на это достаточные основания; например, вполне допустимо сказать: «Я верю, что два плюс два равно четырём».

Часто — а пожалуй, всегда, если присмотреться внимательнее, — мы не на 100% убеждены в том, во что верим. Я верю, что завтра взойдёт солнце, но не могу сказать, что абсолютно в этом не сомневаюсь. Земля может столкнуться с несущейся чёрной дырой и разлететься на кусочки. На самом деле, у нас есть лишь *степень уверенности*, именуемая на языке профессиональной статистики *«субъективной вероятностью»*. Если вы считаете, что завтра пойдёт дождь, с вероятностью один к четырём, то ваша субъективная вероятность дождливой погоды составляет 25%. Каждое наше верование сопряжено с определённой субъективной вероятностью, даже если мы прямо об этом не говорим. Иногда субъективная вероятность

тождественна вероятности — например, если мы на 50% уверены, что монетка упадёт орлом. В других случаях субъективная вероятность лишь свидетельствует о том, что нам не хватает знаний. Если друг вас уверяет, что пытался дозвониться до вас и поздравить с днём рождения, но просто застрял в каком-то месте, где не работала связь, то в данном случае речь о вероятности не идёт; это либо истина, либо ложь. Однако поскольку вы всё равно об этом не узнаете, вы можете присвоить каждой из этих возможностей определённую субъективную вероятность.

Основная идея Байеса, попросту именуемая *«теоремой Байеса»*, — это способ рассуждения о субъективных вероятностях. Она позволяет нам ответить на следующий вопрос. Допустим, у нас есть различные убеждения, каждому из которых соответствует собственная субъективная вероятность. Затем мы собираем информацию и узнаём что-то новое. Как эта информация повлияет на исходные степени субъективной вероятности? Этот вопрос мы должны задавать себе снова и снова, выясняя новые факты о мире.

* * *

Допустим, вы с другом играете в покер. В игре сдаётся по пять карт, затем вы можете сбросить определённое их число и заменить другими. Вы не видите карт соперника, поэтому в самом начале не знаете о его раздаче ничего, за исключением того, что у него нет конкретных карт, которые есть у вас. Однако о полном неведении речь не идёт: вы знаете, что одни раздачи могут выпадать с большей вероятностью, чем другие. Относительно вероятно, что соперник получит при раздаче пару или вообще никаких комбинаций. Получить при первой же раздаче флеш (пять карт одной масти) удаётся достаточно редко. Расчёты показывают, что случайная раздача из пяти карт примерно в 50% случаев будет «пуста», в 42% случаев будет содержать пару, а флеш выпадает всего в 0,2% случаев, не говоря уже о других возможностях. Эти исходные шансы называются *априорными* субъективными вероятностями. Вы опираетесь на них прежде, чем узнаёте что-то новое.

Однако затем кое-что происходит: друг сбрасывает некоторое число карт и берёт из колоды столько же карт на замену. Это новая информация, на основании которой вы можете уточнить априорные вероятности. Допустим, он решил сбросить всего одну карту. Что мы теперь можем сказать о его раздаче?

Вряд ли у него пара; в противном случае он сбросил бы три карты, максимально повышая шансы, что пара вырастет до тройки или каре. Аналогично, если бы в начале у него была тройка, он, вероятно, сбросил

бы три карты. Сброс одной карты также вполне согласуется с гипотезой, что у него уже две пары или каре; в таком случае он сохраняет все свои важные карты. Кроме того, это может означать, что у него четыре карты одной масти (которые он надеется дорастить до флеша) или четыре карты подряд (которые можно дорастить до стрита). Такие варианты разумных ходов называются *«вероятностью»* проблемы. Совместив априорные субъективные вероятности с объективными вероятностями, мы получаем обновлённые субъективные вероятности, отличающиеся от тех, что были сразу после раздачи. Пожалуй, будет сложнее определить, каковы окажутся комбинации соперников после окончания набора, но для покерной акулы в этом нет ничего невозможного. Такие обновлённые вероятности обычно именуются *апостериорными*.

Это «абдукция». Основа науки и других форм эмпирических рассуждений. Теорема Байеса — это количественное выражение такой неформальной логики. Она предлагает универсальную модель рассуждения о степени уверенности: априорные субъективные вероятности уточняются по мере поступления новой информации и в зависимости от того, насколько эта информация согласуется с каждой из исходных возможностей.

* * *

В байесовских рассуждениях особенно интересен такой акцент на априорных субъективных вероятностях. Случай с покерными раздачами не слишком впечатляет: априорные вероятности напрямую проистекают из шансов получить различные карты. Но область применения этой концепции гораздо шире.

Допустим, как-то вечером вы с другом пьёте кофе, и тут он высказывает одно из следующих трёх утверждений:

- «Сегодня утром мимо моего окна проехал велосипедист»;
- «Сегодня утром мимо моего окна проскакал всадник»;
- «Сегодня утром мимо моего окна проскакал всадник без головы».

В каждом случае вы получаете, в сущности, равнозначную информацию: друг уверенно сообщает вам один из трёх фактов. Тем не менее субъективная вероятность, то есть степень достоверности, которую вы присвоите каждой из озвученных возможностей, во всех трёх случаях принципиально различается. Если вы живёте в городе или пригороде, то гораздо легче поверить в то, что друг видел велосипедиста, нежели всадника, — разве что офицеры полиции у вас в городе часто ездят верхом либо в городе проводят родео. Если вы живёте в сельской местности, где лошади не редкость, а дороги незаасфальтированы, то встреча со

всадником может показаться вероятнее, чем встреча с велосипедистом. Наконец, вы значительно более скептически отнесётесь к утверждению о том, что мимо окна проскакал всадник без головы.

В данном случае у вас просто есть априорные вероятности. В зависимости от того, где вы живёте, априорная субъективная вероятность встречи с велосипедистом или всадником будет варьироваться, но в любом случае вероятность встретить всадника без головы однозначно гораздо ниже, чем всадника с головой. Это совершенно нормально. На самом деле, любой байезианец вам расскажет, что иначе и быть не может. Всякий раз, когда мы рассуждаем о вероятной истинности различных утверждений, наш ответ есть комбинация априорной субъективной вероятности, которую мы присваиваем данному утверждению, и вероятности получения различной новой информации, позволяющей проверить истинность этого утверждения.

Учёным часто приходится оценивать «эпохальные» утверждения. В 2012 году физики, работающие на Большом адронном коллайдере, объявили об открытии новой частицы — скорее всего, неуловимого бозона Хиггса. Их коллеги во всём мире с готовностью поверили этому утверждению, отчасти потому, что у них были серьёзные теоретические основания полагать, что бозон Хиггса будет найден именно там, где нашли эту частицу; априорная вероятность была относительно высока. Напротив, в 2011 году группа физиков объявила, что им удалось зафиксировать пучок нейтрино, двигавшихся быстрее скорости света. Это известие вызвало всеобщий скепсис. Он касался не профессионализма экспериментаторов — просто для большинства физиков априорная субъективная вероятность того, что какая-либо частица может двигаться быстрее скорости света, крайне мала. Действительно, спустя несколько месяцев эти первооткрыватели признали, что допустили ошибку в расчётах.

Есть старая шутка об экспериментальном результате, который «подтверждается теорией»; напротив, принято считать, что это теории подтверждаются или опровергаются экспериментами. Соль этой шутки — байесовская: в ошеломительное утверждение проще поверить, если для него уже есть убедительное теоретическое объяснение. При наличии такого объяснения в первую очередь повышается априорная субъективная вероятность, которую можно присвоить данному утверждению.

Глава 10
Обновление базы знаний

Признав, что каждый из нас ориентируется на богатый набор априорных субъективных вероятностей, важно уточнять эти вероятности по мере поступления новой информации. Для этого нужно дать более строгую формулировку теоремы Байеса.

Вернёмся к нашей дружеской партии в покер. Мы знаем, какие карты у нас на руках, но не знаем карт оппонента. Таким образом, мы оказываемся в ситуации, когда возможны самые разные «посылки» (гипотезы об истинности чего-либо), и при этом имеем исчерпывающий список всех возможных посылок. В данном случае посылки соответствуют всем различным картам, которые могут прийти нашему сопернику в исходной покерной раздаче (ничего, пара, что-то лучше пары). Иными словами, они годятся в качестве возможных интерпретаций любых утверждений нашего друга (утверждение истинно; он искренне считает его истинным, но оно ошибочно; утверждение ложно). Также имеем здесь набор конкурирующих онтологий (натурализм, вера в сверхъестественное, нечто более экзотическое).

Каждой рассматриваемой посылке мы присваиваем априорную субъективную вероятность. Для наглядности представим субъективные вероятности, разложив песчинки по баночкам. Каждая баночка соответствует определённой посылке, а число песчинок в баночке пропорционально субъективной вероятности, присваиваемой данной посылке. Субъективная вероятность суждения *X* — это просто доля общего числа песчинок, соответствующая числу песчинок, оказавшихся в баночке *X*:

Субъективная вероятность суждения *X* = Песчинки в баночке *X* / Песчинки во всех баночках

Назовём это «правилом песчинок».

Теорема Байеса указывает, как уточнять такие вероятности по мере поступления новой информации. Допустим, мы получили информацию в виде каких-то данных — например, узнали, сколько карт набрал соперник. Тогда из каждой баночки мы *удаляем* некоторое количество песка, соответствующее вероятности того, что мы *не* получили бы этой

информации, окажись соответствующая посылка верной. Если мы считаем, что соперник заменит ровно одну карту всего в 10% случаев, если у него есть пара, то, как только он заменит одну карту, мы удаляем 90% песчинок из банки, на которой написано «пара». Затем проделываем аналогичную вещь со всеми остальными банками. В результате наше правило песчинок вновь подтверждается: субъективная вероятность посылки *X* равна числу песчинок в баночке *X*, делённому на общее число песчинок во всех баночках.

В ходе этой процедуры априорные субъективные вероятности перевзвешиваются и дают в итоге апостериорные субъективные вероятности. Можно начать с ситуации, когда в нескольких баночках содержится примерно поровну песчинок — это означает, что субъективные вероятности равны. Но затем мы получаем новую информацию, которая будет вероятна при одних посылках и маловероятна при других. Мы убираем совсем немного песка из тех баночек, для которых эта информация была вероятна, и много песка из тех, для которых маловероятна. Получается, что в баночках, которым соответствует наибольшая степень вероятности, скапливается больше песка — их апостериорная субъективная вероятность оказывается выше. Разумеется, если наша априорная субъективная вероятность для одной из посылок была гораздо выше, чем для альтернативных версий, то нам придётся удалить из «её» баночки очень большое количество песка (собрать много данных, кажущихся маловероятными при данной посылке), чтобы присущая данной посылке субъективная вероятность стала небольшой. Когда априорные показатели очень низки или очень высоки, нам понадобятся нетривиальные данные, чтобы эти субъективные вероятности изменились.

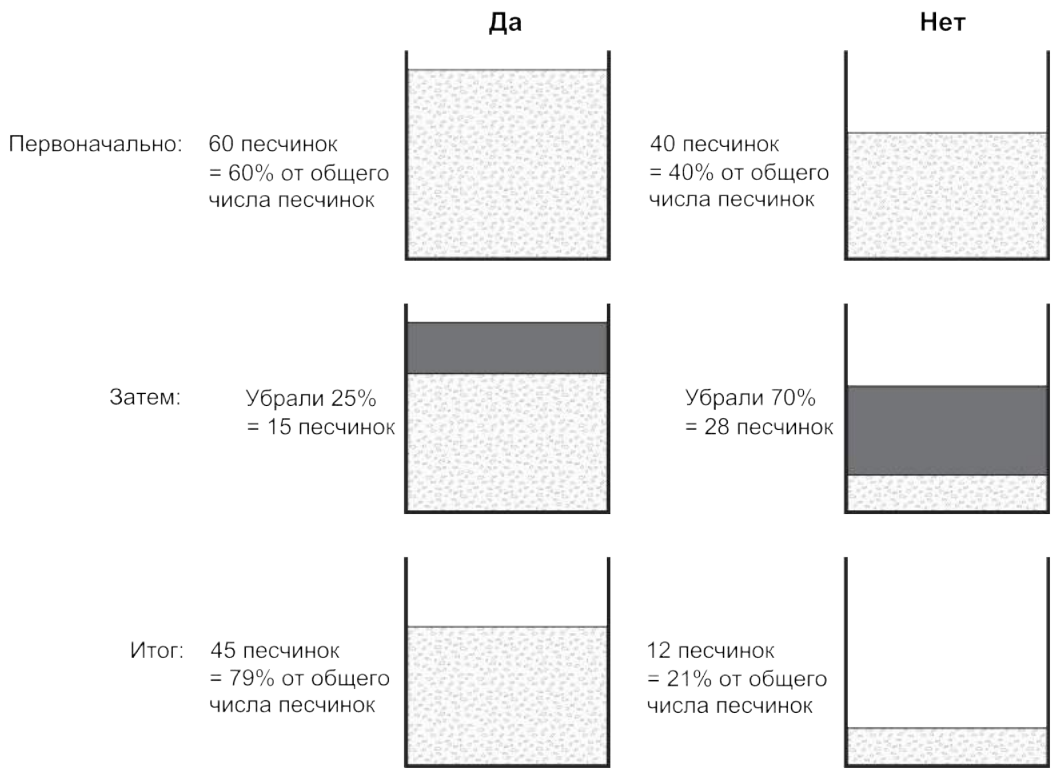
* * *

Рассмотрим другой пример: вы, старшеклассник, влюбились в девушку и хотите пригласить её на выпускной бал. Вопрос: она согласится или откажет? Итак, есть две разные посылки: «да» (она пойдёт с вами на выпускной бал) или «нет» (откажет), причём для каждой посылки есть субъективная априорная вероятность. Будем оптимистичны и присвоим субъективную вероятность 0,6 положительному ответу и 0,4 отрицательному (разумеется, общая субъективная вероятность всегда должна давать в сумме единицу). Ставим две баночки, в одну насыпаем 60 песчинок («да»), в другую — 40 («нет»). Общее число песчинок не имеет значения — важны лишь относительные пропорции.

Далее мы собираем информацию и на её основании уточняем априорные вероятности. Вы стоите у шкафчика с одеждой, а мимо по

коридору идёт ваша пассия. Она с вами поздоровается или просто пройдёт мимо? Это зависит от её отношения к вам: гораздо вероятнее, что она остановится и поприветствует вас, если также склонна составить вам компанию на выпускной. Вы недурно разбираетесь в человеческих взаимоотношениях и понимаете, что, если верна посылка «да», девушка остановится и поприветствует вас в 75% случаев, а в 25% случаев просто пройдёт мимо (может быть, она просто не в духе). Однако, если верна посылка «нет», ситуация уже не столь радужная: в 30% случаев девушка скажет «привет», а в 70% случаев пройдёт мимо. Таковы шансы на получение различной информации при верности тех или иных посылок. Давайте соберём данные и уточним наши априорные субъективные вероятности!

Допустим, к вашей радости, пассия останавливается и говорит: «Привет!». Каковы шансы, что она примет приглашение на выпускной бал? Преподобный Байес предписывает нам убрать 25% песчинок из банки «да» и 75% песчинок из банки «нет» (в обоих случаях это соответствует доле случаев, в которых наблюдаемый результат не состоялся бы). У нас осталось 60 × 0,75 = 45 песчинок в баночке «да» и 40 × 0,30 = 12 песчинок в баночке «нет». Согласно вышеприведённому правилу песчинок, уточнённая субъективная вероятность для «да» — это число песчинок в баночке «да» (45), делённое на общее число песчинок в обеих баночках (45 + 12 = 57). Получается 0,79.



Неплохо! Субъективная вероятность положительного ответа на приглашение повысилась с 60% (априорная) до 79% (апостериорная), притом что девушка просто остановилась и поздоровалась с вами! Думаю, уже надо костюмчиком озаботиться.

Однако постарайтесь уловить под грузом математических деталей основной посыл. В байесовской философии любая посылка (суждение) о мире, которая может быть истинной или ложной, получает априорную субъективную вероятность. Каждая такая посылка также сопровождается набором объективных вероятностей: шансов на истинность различных иных фактов при условии истинности данной посылки. Всякий раз, получая новую информацию, мы корректируем степень уверенности, умножая исходную субъективную вероятность на соответствующую объективную вероятность сделать такое наблюдение при условии истинности каждой из посылок. В виде формулы это выглядит следующим образом:

(Субъективная вероятность посылки *X* при наличии наблюдения *D)* ∝ (Шанс получить наблюдение *D* при посылке *X*) × (Априорная субъективная вероятность посылки *X)*

Это суть теоремы Байеса. Символ «∝» означает «пропорционально». Он просто напоминает: нужно удостовериться в том, что все значения субъективной вероятности в сумме должны давать единицу.

* * *

В некоторых случаях кажется естественным задавать числовые значения субъективной вероятности: например, если речь идёт о покерных раздачах или подбрасывании монетки, где можно запросто подсчитать все возможности. Кроме того, о «вероятности» часто говорят, рассуждая о будущих событиях: «Вероятность того, что залётный астероид врежется в Землю и вызовет массовое вымирание, составляет менее одного процента».

Однако байесовский подход более универсален. Он напоминает о том, что мы присваиваем значения субъективной вероятности и корректируем их, обдумывая *любое фактическое предположение о мире, которое может оказаться истинным или ложным*. Есть ли Бог? Можно ли объяснить опыт наших внутренних переживаний в чисто физических терминах? Существуют ли объективные стандарты «правильного» или «неправильного»? Все возможные ответы на такие вопросы — это посылки, причём любому из них каждый человек присваивает ту или иную субъективную вероятность (хотя может этого и не признавать), которую корректирует по мере поступления новой информации (хотя может делать это и неправильно).

Теорема Байеса позволяет количественно оценить нашу степень уверенности в чём-либо, но также помогает не забыть, каким вообще механизмам подчиняется вера. Размышляя об априорных субъективных вероятностях таким образом, можно извлечь ряд полезных уроков.

О важности предшествующих убеждений. Пытаясь понять, какие представления о мире истинны, каждый начинает эту игру, имея определённые собственные представления о том, какие предположения вполне убедительны, а какие — относительно маловероятны. Это не досадная ошибка, которую нам следовало бы исправить; это абсолютно необходимый элемент рассуждений, когда мы располагаем неполной информацией. Когда же речь заходит о понимании фундаментального устройства реальности, полной информацией не обладает никто.

Априорные субъективные вероятности — отправная точка для дальнейшего анализа, и сложно сказать, какие из них «верны», а какие «ошибочны». Однако в данном случае следует упомянуть несколько удобных железных правил. Пожалуй, наиболее очевидное таково: сравнительно простые теории должны получать более высокую априорную субъективную вероятность, чем более сложные. Это не означает, что более

простые теории всегда верны; однако, если простая теория ложна, мы узнаем об этом, собрав информацию. Как выразился Альберт Эйнштейн, «пусть это будет просто, просто как только можно, но не проще».

Иногда о простоте легко судить, порой — не очень. Сравним три конкурирующие теории. Согласно первой, движение планет и спутников в Солнечной системе подчиняется, как минимум с очень хорошим приближением, ньютоновской теории тяготения и движения. Вторая теория утверждает, что ньютоновская физика вообще не работает, но к каждому небесному телу приставлен ангел и эти ангелы ведут планеты и спутники по орбитам, причём эти траектории совершенно случайно совпадают с теми, что вычислил бы Ньютон.

Большинству из нас, вероятно, покажется, что первая теория проще второй — она даёт те же результаты, но без привлечения столь неопределённых сущностей, как ангелы. Однако есть и третья теория: ньютоновское тяготение определяет движение всех тел в Солнечной системе, *кроме* Луны, которую направляет ангел, и этот ангел просто старательно следует траектории, которую предсказывает теория Ньютона. Вполне бесспорно, что, независимо от вашего мнения о первых двух теориях, третья определённо сложнее первых двух. В ней задействованы все механизмы первой и второй теории, а её эмпирические прогнозы на практике ничуть не лучше. Следовательно, мы вправе присвоить ей очень низкую априорную субъективную вероятность. (Этот пример кажется несерьёзным, но аналогичные ходы постоянно применяются в рассуждениях о развитии биологической эволюции или о природе сознания.)

Некоторым не нравится байесовский акцент на априорном, поскольку априорное скорее субъективно, чем объективно. Да, так и есть. Ничего не поделаешь — нужно же с чего-то начинать. С другой стороны, в идеале можно объективно определить вероятность того или иного наблюдения. Если у вас есть определённая теория об устройстве мира, причём эта теория точна и хорошо проработана, вы можете с уверенностью сказать, каковы шансы наблюдения тех или иных данных при условии, что ваша теория верна. На практике мы часто затрудняемся оценить теории, которые проработаны не столь строго. (Посылка «Сознание выходит за рамки физической природы» разумна, однако она слишком расплывчатая, чтобы делать на её основании количественные прогнозы.) Тем не менее наша задача — попытаться определить посылки максимально точно, настолько, чтобы их можно было использовать для объективной оценки вероятности различных наблюдений.

Любой имеет право на априорные предположения, но объективная вероятность личной не бывает.

Факты должны помогать прийти к консенсусу. Просматривается проблема: а вдруг многим людям вообще будет сложно прийти к согласию из-за априорных убеждений? Если идея «Бог создал Вселенную» для меня обладает субъективной вероятностью 0,000001, а для вас — 0,999999, то, чтобы изменить точку зрения, любому из нас потребуется серьёзно её откорректировать на основе наблюдений.

На практике это реальная проблема. У людей есть такие убеждения, которые просто никогда не меняются, — на байесовском языке можно сказать, что им соответствует априорная вероятность 0 или 1. Это очень плохо, и в реальном мире мы должны научиться как-то справляться с этой проблемой.

Тем не менее, в принципе, все мы стараемся быть честными и недогматичными, готовы менять мнение с учётом новой информации — в конце концов всегда побеждают факты. Можно присвоить какой-либо идее очень высокую априорную субъективную вероятность, но, если эта идея предполагает, что определённый результат будет возникать всего в одном проценте случаев, а он всё возникает и возникает, честная корректировка по Байесу в итоге вынудит вас присвоить этой идее очень низкую апостериорную вероятность. Например, вы можете задать очень высокую априорную субъективную вероятность для тезиса «если буду пить кофе, то смогу предсказывать будущее». Затем вы пьёте кофе, делаете те или иные предсказания, убеждаетесь, что они не выполняются, и вносите необходимую корректировку. Если делать это достаточно долго, то ваше априорное суждение рухнет под напором фактов. Это называется «изменить мнение», это хорошо. Более того, поскольку объективная вероятность считается объективной, чем больше данных мы собираем, тем ближе каждый из нас подходит к одному и тому же набору окончательных убеждений о мире.

Предполагается, что этот механизм должен работать именно так. От каждого зависит, насколько добросовестно его придерживаться.

Факты в пользу одного из вариантов автоматически заставляют усомниться в других. Допустим, мы сравниваем две посылки, X и Y, и наблюдаем результат, который с вероятностью 90% происходит в случае X и с вероятностью 99% в случае Y. Согласно теореме Байеса, при получении такой информации априорная субъективная вероятность посылки X будет *уменьшаться*.

Это может показаться нелогичным. В конце концов, если посылка X

верна, то у нас 90-процентные шансы получить искомый результат — как такое наблюдение может свидетельствовать против этой посылки? Ответ таков: при другой теории данный результат даже ещё более вероятен. Возможно, изменение априорных субъективных вероятностей будет и невелико, но оно всегда будет. Итак, если вы нашли объяснение какому-либо событию в рамках определённой теории, отсюда ещё не следует, что это событие не понижает субъективной вероятности данной теории. Верно и обратное: если то или иное наблюдение подкрепляет определённую теорию, но мы получили противоположное наблюдение, то результат неизбежно понизит субъективную вероятность данной теории.

Рассмотрим две теории: Бог есть (теизм) и Бога нет (атеизм). При этом допустим, что мы живём в таком мире, где религиозные тексты различных культур в глобальном масштабе и на протяжении истории полностью согласуются друг с другом. По существу, в них излагаются одни и те же сюжеты и проповедуются общие идеи, хотя авторы этих текстов никоим образом не могли контактировать друг с другом.

Разумеется, любой сочтёт, что это доказательство в пользу теизма. Конечно, такую общую непротиворечивость можно каким-то затейливым образом объяснить и в рамках атеизма: может быть, у людей есть общий стимул рассказывать одни и те же истории и это свойство мы приобрели в ходе эволюции. Однако мы не можем отрицать, что теизм даёт более простое объяснение: Бог ниспослал своё откровение множеству разных народов.

Если это истинно, то на уровне чистой логики верно и то, что противоречивость священных текстов — это факт, свидетельствующий *против* теизма. Если данные D повышают для нас субъективную вероятность теории X, то данные «не D» обязательно её снижают. Возможно, такую противоречивость будет несложно объяснить, и не о отказываясь от истинности теизма: может быть, у Бога есть любимчики или же не все слушали внимательно. Это эпизод оценки вероятностей, но качественного результата он не меняет. Если мы будем честны, то уровень субъективной вероятности теории всегда должен снижаться, если мы получаем наблюдения, которые лучше согласуются с другими теориями. Возможно, изменение будет невелико, но оно будет.

Все факты важны. Легко притворяться грамотным байезианцем, а на деле жульничать, учитывая не все факты, а лишь некоторые.

Друг вам признаётся, что верит в лох-несское чудовище. Он говорит: «Есть снимки — это серьёзные доказательства». Разумеется, вы должны признать, что вероятность получения таких снимков гораздо выше, если

Несси существует, чем если её нет.

Да, но это ещё не всё. Во-первых, априорная вероятность существования монстра в далёком шотландском озере должна быть очень мала. Однако если вы получите достаточно убедительные доказательства, то это мнение придётся пересмотреть. Но несколько некачественных фотоснимков — ещё не все факты. Мы также должны учитывать и все попытки отыскать чудовище в озере Лох-Несс, которые оказались тщетными. Что уж говорить о том, что первая знаменитая фотография Несси в итоге была признана мистификацией. Мы не можем выбирать удобные факты и учитывать только их — все релевантные данные нужно принимать во внимание.

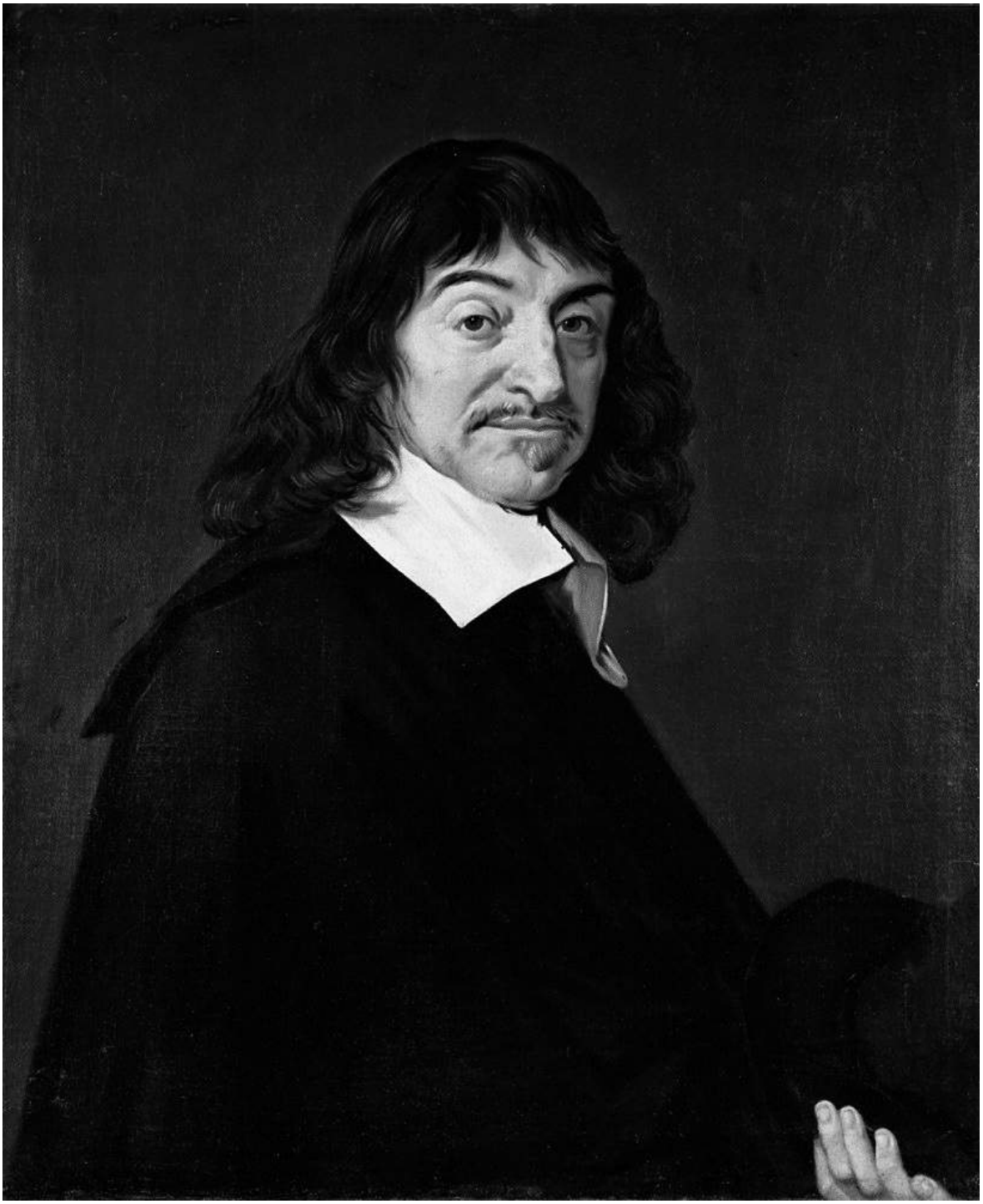
Теорема Байеса — одно из озарений, позволяющих нам полностью изменить образ жизни. Каждый из нас имеет массу разнообразных убеждений, соответствующих всевозможным посылкам или противоречащих им. Байес учит нас: 1) никогда не присваивать любому такому убеждению абсолютную истинность; 2) всегда быть готовым откорректировать субъективную вероятность, если выяснятся новые факты и 3) понимать, как именно такие факты изменяют имеющиеся значения субъективной вероятности. Это карта, позволяющая нам всё ближе и ближе подбираться к истине.

Глава 11
Нормально ли во всём сомневаться?

Людвиг Витгенштейн, один из величайших философов XX века, начал подготовку к соисканию докторской степени в Кембриджском университете под руководством Бертрана Рассела, который и сам был влиятельнейшим мыслителем. Рассел любил рассказывать, как молодой Витгенштейн брался отрицать, что всё эмпирическое — любое утверждение о реальном мире, а не логически доказуемое суждение — поддаётся познанию. Пригласив Витгенштейна в свою относительно тесную кембриджскую квартиру, Рассел потребовал от Витгенштейна признать, что в комнате нет носорога. Витгенштейн отказался. «Думаю, мой немецкий инженер дурак», — писал Рассел в одном письме, хотя впоследствии он и изменил мнение. (Витгенштейн был австриец, а не немец, да и определённо не дурак.)

Среди философов есть старинная салонная игра: кто кого перещеголяет в оспаривании, казалось бы, очевидных истин об окружающем мире. Скептицизм — подвергание сомнению всего и вся — был популярной древнегреческой философской школой. Самыми радикальными скептиками были пирронисты, последователи Пиррона из Элиды, настаивавшего, что мы не можем быть уверены даже в том факте, что ни в чём нельзя быть уверенным.

Более современным участником этой игры был Рене Декарт, французский мыслитель XVII века. Будучи не только философом, но также математиком и естествоиспытателем, он заложил основы аналитической геометрии, занимался одними из первых исследований в области механики и оптики. Если вам когда-либо приходилось чертить на бумаге в клеточку оси x и y — то вы следуете примеру Рене Декарта, который изобрёл этот хитрый приём. Сегодня мы говорим о «декартовых координатах». Философия Декарта во многом испытала влияние практической математики. В частности, его очаровывал тот факт, что в математике можно получить абсолютно бесспорные доказательства — как минимум если признать соответствующие аксиомы.



Рене Декарт — философ, математик и скептик, сомневавшийся во многих вещах, но не в собственном существовании

В 1641 году Декарт опубликовал свой знаменитый труд «Размышления о первой философии». Эта книга до сих пор обычно входит в обязательную программу при изучении первого вузовского курса философии. В

«Размышлениях» Декарт пытается максимально скептически интерпретировать наши знания о мире. Например, сидя на стуле, и вы можете полагать, что его существование абсолютно бесспорно. Но так ли это? В конце концов, ранее вы наверняка не сомневались в тех или иных убеждениях, которые оказались ложными. Во сне или в бреду вы, бесспорно, «переживаете» события, которые в реальности не происходят. То есть такое вполне возможно. Декарт полагает, что мы грезим даже в этот момент либо что наши чувства обманывает какой-то злой демон, который (по какому-то непостижимому демоническому замыслу) пытается уверить нас в реальности стула, на самом деле не существующего.

Но не отчаивайтесь. Декарт приходит к выводу о том, что против одного убеждения скептицизм бессилен: это убеждение в собственном существовании. Да, рассуждает он, мы можем сомневаться в существовании неба и земли, ведь наши чувства могут быть обмануты. Но я не могу сомневаться в собственной реальности: ведь если бы меня не было, то кто бы тогда выражал скепсис? Декарт выразил эту идею в знаменитом *«cogito ergo sum»*: «я мыслю — следовательно, я существую». Он впервые написал эту фразу на латыни в более поздней работе «Первоначала философии», но французская формулировка *«je pense, donc je suis»* появляется и в более раннем труде «Рассуждение о методе», предназначенном для более широкой аудитории.

Если бы каждый мог быть уверен лишь в собственном существовании, а о существовании других судить с осторожностью, то это было бы неудовлетворительное, солипсистское бытие. Декарт хотел заложить базис для обоснованных убеждений обо всём мире, а не только о себе. Но он не позволяет апеллировать к чему-либо видимому или испытываемому — в конце концов, если даже сам он существует, злой демон может обмануть его ощущения.

Итак, продолжая свои размышления, Декарт осознаёт, что может спасти реальность мира, даже не покидая своего удобного кресла. Он говорит себе: «Я не только на самом деле мыслю, но и, собственно говоря, могу помыслить идею о совершенстве — чёткую и ясную. У этой идеи, равно как и у моего существования, должна быть определённая причина, а единственная возможная причина — Бог. Действительно, Бог — само совершенство, а свойство “бытия” есть необходимый аспект совершенства, поскольку бытие более совершенно, чем небытие. Следовательно, Бог существует».

А дальше начинается самое интересное. Если мы уверены не только в собственном существовании, но и в бытии Божием, то можем быть уверены

и во многом другом. В конце концов, Бог совершенен, а совершенное существо не допустило бы, чтобы всё видимое и слышимое мною было чистейшим обманом. Бог может одолеть любых злых демонов, которые могут пытаться ввести меня в заблуждение. Поэтому моему чувственному опыту, а также объективной реальности мира в основном можно доверять. Теперь можно заняться наукой, уверенно сознавая, что она позволит нам открывать истины о Вселенной.

Декарт был католиком и считал, что защищает свои религиозные взгляды от докучливых сомнений скептиков. Не все так считали. Его доказательства бытия Бога считались безжизненными и схоластическими, лишёнными бурного духовного опыта переживаемой веры. Его обвинили в атеизме, что на протяжении большей части записанной человеческой истории означало: «Ты не веришь в Бога так, как от тебя требуется». Атеизм был одним из преступлений, за которые Сократ был приговорён к смерти, хотя он и постоянно говорил о богах. Мелет, один из его оппонентов, в итоге обвинил Сократа и в атеизме, и в вере в полубогов. Наконец, в 1663 году папа Александр VII внёс все книги Декарта в «Index Librorum Prohibitorum» — церковный список официально запрещённых текстов, где они оказались вместе с книгами Коперника, Кеплера, Бруно, Галилея и других.

* * *

Один профессор, у которого я учился в колледже, как-то говорил, что нельзя написать дипломную работу по философии, не опровергнув Декарта. Не уточнялось, какие выкладки Декарта предполагалось опровергать — его исходный скептицизм и способность во всём сомневаться либо его обоснования уверенных религиозных убеждений, связанные с тем, что и сам Декарт, и Бог определённо существуют?

Мнения о существовании Бога, и в частности о мнимых декартовских доказательствах, сильно разнятся. Однако, прежде чем перейти к этой части рассуждений, большинство людей инстинктивно противятся «картезианским сомнениям». Когда нас пытаются убедить в том, что мы вообще ни в чём не можем быть уверены — не то что в реальности стула, на котором сидим, — это кажется нам нелепым и раздражающим.

Тем не менее в этой части своего метода Декарт абсолютно прав. Мы можем быть вполне убеждены в реальности окружающего мира, но не можем быть убеждены в этом *абсолютно*, отбросив всякие мыслимые сомнения. Даже если не считать декартовских идей о сне наяву или о коварном демоне, можно вообразить несколько сценариев, в соответствии с которыми мы можем обманываться. Возможно, человек — это мозг в колбе,

получающий ложные импульсы от проводов, вживлённых прямо в нейроны, а не от реального мира. Мы можем жить в компьютерной симуляции наподобие «Матрицы», а подлинна и окружающая реальность может быть совсем иной, нежели мы предполагаем. Наконец, как отмечали критики, Декарту следовало обеспокоиться не только тем, что он грезит, но и тем, что сам он — чей-то сон. Так, в индуистской традиции Веданта весь мир считается сном Брахмы.

В 1857 году натуралист Филипп Генри Госсе издал книгу «Omphalos», в которой попытался примирить оценки возраста Земли, следующие из геологических открытий (Земля очень старая) и из библейского текста (Земля очень молодая). Он рассуждал просто: Бог создал мир несколько тысяч тому лет назад, но искусственно его «состарил» — возвёл горные хребты, на формирование которых потребовались бы миллионы лет, оставил окаменелости, которые кажутся очень древними. Название книги Госсе в переводе с греческого означает «пуп», так как его вдохновляла мысль о том, что Адам, очевидно, был полноценным человеком и имел пуп, хотя и не родился от женщины. Различные варианты этой идеи и сегодня пропагандируются некоторыми христианскими и иудейскими креационистами, пытающимися объяснить такой космологический факт: мы наблюдаем свет далёких галактик, который прилетел к нам от них спустя миллиарды лет.

Легко понять, как «гипотеза Омфалоса» подводит нас к ещё одному скептическому сценарию, так называемому последнему четвергизму. Эта идея заключается в том, что вся Вселенная была создана в готовом виде в прошлый четверг вместе со всеми хронологическими свидетельствами и «артефактами», указывающими на её огромный возраст. Бертран Рассел однажды отметил, что нельзя полностью исключать даже того, что мир возник из ничего пять минут назад. Вы можете предположить, что это не так, поскольку чётко помните, что было в прошлую среду. Однако память — точно так же, как фотография или дневник, — существует *сейчас*. Мы считаем воспоминания и записи довольно надёжными свидетельствами о прошлом, поскольку до сих пор они нас не подводили. Однако логически возможно, что все эти мнимые воспоминания, а также наше впечатление об их достоверности были созданы вместе со всем остальным.

* * *

Даже не имея таких намерений, физикам пришлось рассматривать космологические модели, находящиеся в опасной близости от гипотезы Омфалоса. В XIX веке Людвиг Больцман размышлял о Вселенной, которая существовала вечно, но практически везде и всегда находилась в состоянии

однородного неинтересного беспорядка. Отдельные атомы во Вселенной должны находиться в постоянном движении, всё время перемешиваясь и сталкиваясь друг с другом. Но в конечном итоге, если запастись терпением, мы дождёмся момента, когда в результате этих движений атомы чисто случайно окажутся в высокоупорядоченном состоянии — как, например, галактика Млечный Путь, которую астрономы долгое время считали целой Вселенной. Древнеримский поэт Лукреций воображал очень похожую картину; как и Больцман, он был атомистом и пытался понять, откуда в мире взялся порядок. Такая структура должна развиваться как обычно и в конечном итоге растворяться в окружающем хаосе, когда Вселенная достигнет окончательной тепловой смерти. Как минимум до следующей флуктуации.

С идеей Больцмана связана одна довольно важная проблема. Флуктуации, приводящие от хаоса к порядку, случаются редко, а крупные флуктуации такого рода — ещё реже, чем мелкие. Итак, если Больцман был прав, то незачем ждать, пока из хаоса зародится нечто столь масштабное и грандиозное, как галактика Млечный Путь с сотнями миллиардов звёзд. Гораздо проще дождаться более рядового события, например зарождения Солнца с планетами. А если задуматься, абсолютное большинство сознающих, мыслящих существ в подобной Вселенной будут отдельными особями, появившимися на свет в результате флуктуаций совершенно самостоятельно лишь для того, чтобы успеть подумать: «Хм, кажется, я одинок в этой Вселенной» — и умереть. Да что там целое тело? Большинство этих одиноких душ были бы минимальными сгустками материи, каждый из которых можно было бы считать мыслящим существом — бестелесным мозгом, плывущим в пространстве.

Неудивительно, что такой концепт стал называться «Больцмановский мозг». Честно говоря, никто не думает, что Вселенная именно такова. Проблема в том, что данный сценарий, по-видимому, *должен* быть истинным, если Вселенная бесконечно стара и подвергается постоянным флуктуациям. В таком случае возникновение «Больцмановского мозга» представляется неизбежным. А поскольку абсолютное большинство наблюдателей в такой Вселенной — это бестелесные мозги, то почему я не один из них?

Существует способ выпутаться из проблемы, связанный с «Больцмановским мозгом», — простой, но неправильный. Можно сказать: «Может быть, большинство наблюдателей во Вселенной — просто случайные флуктуации, но я-то не флуктуация, так что мне всё равно». Откуда вам знать, что вы — не случайная флуктуация? Вы не можете

утверждать, что у вас есть воспоминания о долгой и интересной жизни, поскольку все они могли возникнуть в результате флуктуации. Вы можете указать на окружающий мир — вот комната, окно, за окном такая сложная окружающая среда — всё это далеко не укладывается в безумный сценарий с флуктуациями.

Совершенно верно, *большинство* людей при данном безумном сценарии с флуктуациями не должны оказаться в комнатах, в окружении городских кварталов и всей той материи, из которой, по нашему глубокому убеждению, состоит здешняя окружающая среда. Тем не менее *некоторые* окажутся. Если Вселенная действительно бесконечно древняя, то в ней найдётся бесконечное число таких окружений. Причём абсолютное большинство из них возникнет в результате случайных флуктуаций прямо из окружающего хаоса. Например, вы можете полагать, что читаете книгу некоего «Шона Кэрролла», который, вероятно, существует (или существовал — в зависимости от того, когда вы её читаете). Однако в бесконечной Вселенной то, что книга с этой картинкой на обложке, где также стоит моё имя, сама собой возникнет из ничего в результате случайной флуктуации, гораздо вероятнее, чем то, что в результате таких флуктуаций возникнут и книга, *и* я. Даже если мы согласимся считать реальностью всё то, что, казалось бы, испытываем в нашей локальной окружающей среде, в больцмановской космологии у нас нет решительно никаких оснований верить в существование чего-либо ещё — в частности, всего того, что находится за пределами вашего непосредственного восприятия, или всего того, что, как вам кажется, вы помните из прошлого. Все наши воспоминания и впечатления с вероятностью, близкой к единице, просто возникли из ничего в результате флуктуаций. Это наискептичнейший сценарий.

* * *

Вы уверены в том, что вы — не больцмановский мозг? Как минимум уверены ли вы в том, что ваше непосредственное окружение не появилось совсем недавно в результате флуктуации? Откуда вы знаете, что вы — не мозг в колбе или не персонаж в игре более совершенного существа?

Нет, вы этого не знаете. Не можете знать. Если под словом «знать» понимается «знать с абсолютной метафизической определённостью, без какой-либо мыслимой возможности оказаться неправым», то мы никогда не убедимся, что ни один из этих сценариев не верен.

На склоне лет Витгенштейн сам размышлял о том, как разрешить эту загадку. В самом начале работы «О достоверности» он пишет: «Из того, что мне — или всем — *кажется*, что это так, не следует, что это *так и есть*».

А затем сразу добавляет: «Но задайся вопросом, можно ли сознательно в этом сомневаться». Иными словами, нечто вполне может оказаться истинным, но нет смысла присваивать этой гипотезе большую субъективную вероятность.

Рассмотрим наиболее радикальные скептические сценарии — например, беспокойство Декарта о ненадёжности всех наших знаний об окружающем мире, поскольку нас вводит в заблуждение злой демон. Хотелось бы доказать, что это не так, или хотя бы собрать убедительные доказательства против этой гипотезы. Но мы не можем. Достаточно могучий и умный демон сможет повлиять на все наши отсылки к логике и фактам. «Я мыслю — следовательно, я существую», «Существование — признак совершенства, следовательно, Бог существует» — эти утверждения могут показаться вам вполне логичными и разумными (как минимум они казались таковыми Декарту). Однако злому демону только и надо, чтобы вы так думали! Как мы можем быть уверены в том, что демон не одурачивает нас, подталкивая к логическим ошибкам?

Любые разнообразные скептические сценарии относительно существования окружающей реальности и наших знаний об этом вполне могут оказаться истинными. Но в то же время это не означает, что мы должны присваивать им высокую субъективную вероятность. Проблема в том, что вера в такие сценарии абсолютно *бесполезна*. Именно об этом и говорит Витгенштейн.

Сравним две возможности. Первая: наши представления об окружающей реальности в целом верны. Вторая: известная нам реальность не существует, и на самом деле нас просто обманывает злой демон. Мы склонны собрать максимально полную информацию, рассчитать вероятность получения этой информации при первом и при втором сценарии и соответствующим образом уточнить наши субъективные вероятности. Однако во втором сценарии злой демон может подбросить нам ту самую информацию, которую мы ожидаем получить в первом сценарии. Итак, собирая новые данные, мы не в силах отличить первый вариант от второго.

От нас зависит только выбор априорных субъективных вероятностей. Мы можем задавать их как хотим — и каждой возможности должно соответствовать ненулевое значение. Но мы вполне можем оставлять априорную субъективную вероятность радикально-скептических сценариев очень низкой, а более высокие значения априорной субъективной вероятности присваивать очевидно реалистичным возможностям.

Радикальный скептицизм не очень полезен для нас — он никак не

помогает в жизни. Вполне возможно, что все наши мнимые знания, все наши цели и стремления — это фокусы, которые нам показывают. Ну и что? Мы, в сущности, не можем руководствоваться таким убеждением, поскольку любое действие, которое покажется нам разумным, может быть внушено нам несносным демоном. С другой стороны, если мы примем мир как данность, то можем идти вперёд. Есть вещи, которые мы хотим сделать, вопросы, на которые хотим ответить, и стратегии, чтобы всё это совершить. Мы с полным правом можем присваивать высокую субъективную вероятность таким взглядам на мир, которые будут продуктивны и плодотворны, предпочитая их тем, которые чреваты ступором и апатией.

* * *

Некоторые скептические сценарии — не просто экстравагантные измышления вроде декартовского демона. Это ситуации, которые, к нашему беспокойству, могут оказаться истинными. Если Вселенная бесконечно древняя и претерпевает постоянные флуктуации, то следует ожидать, что мир населён больцмановскими мозгами. Сюжет фильма «Матрица» является научно-фантастическим, но философ Ник Бостром утверждает, что мы с большей вероятностью можем жить в компьютерной симуляции, чем в «реальном мире». По сути его идея такова: для технологически развитой цивилизации не составило бы труда запускать мощные компьютерные симуляции, в частности симулировать в них людей, поэтому большинство «людей» во Вселенной вполне могут оказаться элементами таких моделей.

Возможно ли, что вы и окружающий вас мир, а также все ваши знания об этом мире спонтанно возникли из ничего в результате флуктуации хаотического бульона элементарных частиц? Разумеется, это возможно. Но такой возможности никогда не следует присваивать высокую субъективную вероятность. Такой сценарий *когнитивно нестабилен*, выражаясь словами Дэвида Альберта. Вы пользуетесь добытыми в поте лица научными знаниями, чтобы составить картину мира, и осознаёте: в рамках этой картины поразительно велика вероятность того, что вы возникли в результате случайной флуктуации. Однако в таком случае это касается и всех ваших научных знаний, добытых с таким трудом; у вас нет ни малейших причин полагать, что такое представление о реальности является точным. Невозможно, чтобы такой сценарий был истинным, но в то же время у нас были серьёзные основания в него верить. Наилучший выход — присвоить ему очень низкую субъективную вероятность и жить дальше.

Аргумент о компьютерной симуляции немного иной. Возможно ли, что вы сами, а также всё, что вам когда-либо доводилось испытывать, — просто

модель, построенная сверхразумным существом? Разумеется, да. Строго говоря, это даже не скептическая гипотеза: в ней сохраняется реальный мир, который, предположительно, подчиняется законам природы. Просто прямой доступ к нему для нас закрыт. Если наша задача — понять законы того мира, в котором мы существуем, то логичен вопрос: и что? Даже если наш мир был создан высокоразвитыми существами, а не отражает реальность во всех её проявлениях, то, по условию, этот мир — всё, что у нас есть, он вполне подходит для того, чтобы изучать его и пытаться понять.

Витгенштейн сказал бы, что целесообразно присвоить львиную долю нашей субъективной вероятности такому варианту: наблюдаемый нами мир реален, причём он функционирует во многом именно так, как нам это представляется. Естественно, мы всегда готовы откорректировать это убеждение, если появятся новые факты. Если однажды в безоблачную ночь звёзды на небе перестроятся и сложатся во фразу: «ЗДРАВСТВУЙТЕ, Я ВАС ЗАПРОГРАММИРОВАЛ. НУ КАК ВАМ ЭТА СИМУЛЯЦИЯ, НРАВИТСЯ?», — то мы соответствующим образом изменим субъективные вероятности.

Глава 12
Реальность возникает

Вооружившись нашим байесовским инструментарием для добычи знаний, вернёмся к препарированию некоторых идей, лежащих в основе поэтического натурализма. В частности, разберёмся с невинной на первый взгляд, но на деле глубокой идеей о том, что существует много способов рассуждения о мире, каждый из которых просто акцентирует свой аспект основополагающего целого.

Человеческие знания расширяются, и в результате мы сделали ряд открытий, которые все вместе дают понять: мир устроен совершенно иначе, чем свидетельствует наш обыденный опыт. Существует сохранение импульса, Вселенная не нуждается в перводвигателе, постоянное движение естественно и ожидаемо. Соблазнительно предположить — только осторожно, всегда будучи готовым изменить мнение, если оно не подтвердится, что Вселенная не нуждается в создании, обусловливании или поддержке. Она может просто *быть*. Ещё есть сохранение информации. Вселенная развивается, переходя от момента к моменту. При этом она зависит только от своего текущего состояния — она не направлена на достижение каких-либо будущих целей, не отражает свою прежнюю историю.

Эти открытия указывают на то, что мир функционирует сам по себе, не испытывает никаких внешних воздействий. Все вместе они радикально повышают для нас субъективную вероятность натурализма: есть только один мир, естественный, устроенный в соответствии с законами физики. Но они также актуализируют назревающий вопрос: почему мир, воспринимаемый нами в повседневной жизни, *кажется* столь непохожим на мир фундаментальной физики? Почему, на первый взгляд, основные механизмы реальности совершенно не очевидны? Почему терминология, используемая нами для описания обыденного мира, — причины, цели, основания — настолько неприменима в микромире, где царят постоянное движение и лапласовские закономерности?

Здесь мы переходим к «поэтической» части поэтического натурализма. Хотя существует всего один мир, рассуждать о нём можно многими способами. Можно называть их «моделями» или «теориями», или «дискурсами», или «сюжетами» — неважно. Аристотель и его современники не просто занимались измышлениями; они излагали

разумную историю того мира, который действительно наблюдали. Наука открыла ряд других историй, более сложных для восприятия, но и более точных, а также применимых в более широком контексте. Мало того что каждая из этих историй в отдельности оказалась успешной, они к тому же согласуются друг с другом.

* * *

Одно ключевое слово позволяет привести все эти истории к общему знаменателю: *эмерджентность*. Как и многие волшебные слова, оно очень могучее, но также коварное — если его доверить кому попало, легко может использоваться не по назначению. Свойство системы называется «эмерджентным», если не входит в состав её «фундаментального» описания, но становится полезным или даже необходимым при рассмотрении системы в более широком контексте. Натуралист считает, что человеческое поведение эмерджентно: складывается из сложных взаимодействий атомов и сил, образующих каждый отдельный организм.

Эмерджентность повсюду. Рассмотрим какую-нибудь картину, например полотно Ван Гога «Звёздная ночь». Холст и масло образуют физический артефакт. На определённом уровне это просто набор определённых атомов, каждый из которых обладает своим положением. В картине нет ничего, кроме этих атомов. Ван Гог не приправил её никакой духовной энергией; он просто положил мазки на холст. Если бы атомы, из которых состоит картина, были расположены иначе, то это была бы уже другая картина.

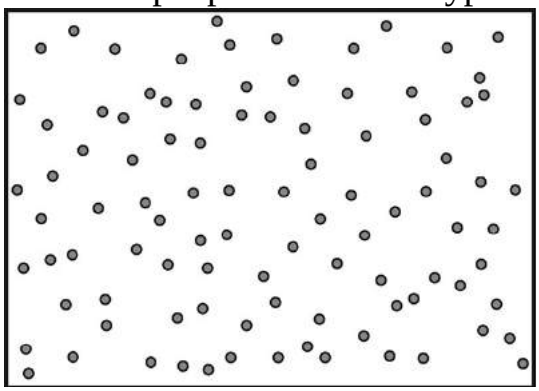
Винсент Ван Гог. «Звёздная ночь»

Однако очевидно, что об этом физическом артефакте можно рассуждать не только как о некой атомной структуре — более того, такой способ определённо не лучший. Говоря о «Звёздной ночи», мы обсуждаем её гамму, настроение, которое она вызывает, вихри звёзд и Луны на небе, а возможно, и тот период, который Ван Гог провёл в лечебнице Святого Павла Мавзолийского. Все эти высокоуровневые концепции в определённом смысле дополняют сухой (но точный) список всех атомов, из которых состоит полотно. Эти свойства эмерджентны.

Классический пример эмерджентности, к которому всегда стоит вернуться, как только начнёшь путаться в этих вещах, — воздух в комнате, где вы находитесь. Воздух — это газ, и можно говорить о различных его параметрах: температуре, плотности, влажности, скорости и т. д. Мы воспринимаем воздух как сплошной флюид, и все эти параметры имеют числовые значения в каждой точке комнаты. Напомню, что флюиды — это газы и жидкости. Но мы знаем, что «на самом деле» воздух — не флюид. Если рассмотреть его под микроскопом, то мы увидим, что он состоит из

отдельных атомов и молекул — в основном азота и кислорода, а также следового количества других элементов и соединений. Рассуждая о воздухе, можно было бы просто перечислить все эти молекулы — скажем, 10^{28} штук — и указать их положения, скорости, ориентацию в пространстве и т. д. Иногда это называется *«кинетической теорией»*, рассуждать таким образом совершенно правомерно. Указание состояния каждой молекулы в каждый момент времени — непротиворечивое и самодостаточное описание системы; будь вы столь же умны, как демон Лапласа, этого было бы достаточно, чтобы определить их состояние в любой другой момент времени. На практике этот способ крайне неудобен и никто им не пользуется.

Совершенно допустимо описывать воздух и в терминах макроскопического флюида, имеющего такие параметры, как температура и плотность. Существуют уравнения, описывающие, как отдельные молекулы сталкиваются друг с другом и изменяют траектории со временем; также есть отдельный набор уравнений, демонстрирующих, как изменяются во времени свойства флюида. При этом могу вас обнадёжить: чтобы найти решение, можно и не быть столь умным, как демон Лапласа, — с такой задачей вполне справляются обычные компьютеры. Метеорологи и авиаинженеры решают такие уравнения каждый день.



Два способа представления воздуха: в виде дискретных молекул и в виде сплошного флюида

Итак, «флюидное» и «молекулярное» описания — два разных способа рассуждения о воздухе, причём оба они — как минимум в определённых обстоятельствах — весьма точно и информативно описывают свойства воздуха. Этот пример иллюстрирует ряд аспектов, которые обычно характерны для дискуссий об эмерджентности.

• В различных сюжетах или теориях применяется совершенно разная терминология. Хотя эти теории и описывают одну и ту же базовую

реальность, они представляют собой различные онтологии. В рамках одной из теорий мы говорим о плотности, давлении и вязкости флюида, в рамках другой — о положении и скорости отдельных молекул. Для каждой теории свойственно своё тщательно подобранное множество составляющих — объектов, свойств, процессов, взаимосвязей, и эти составляющие могут радикально различаться от теории к теории, несмотря на то что все они «истинны».

• У каждой теории есть собственная *область применения*. «Флюидное» описание будет неприменимо, если количество молекул в рассматриваемом объёме столь невелико, что важны свойства отдельных молекул, а не их множеств. Молекулярное описание имеет сравнительно широкую область применения, но тоже действует не всегда. Теоретически можно упаковать в достаточно небольшой объём пространства такое количество молекул, чтобы они образовали чёрную дыру — в таком случае молекулярная терминология уже будет неприемлема.

• Каждая теория в своей области применения *автономна* — полна и самодостаточна, не зависит ни от какой другой теории. Если мы говорим о флюиде, то описываем воздух в терминах плотности, давления и т. д. Указав эти величины, можно ответить на любой вопрос о воздухе в рамках этой теории. В частности, нам вообще не потребуется затрагивать какие-либо вопросы о молекулах и их свойствах. Исторически нам приходилось рассуждать о давлении воздуха и скорости ветра задолго до того, как мы узнали о том, что воздух состоит из молекул. Аналогично, рассуждая о молекулах, мы не упоминаем такие термины, как «давление» или «вязкость», — подобные концепции в данном контексте просто неприменимы.

Здесь сделаем важный вывод: теории могут опираться на совершенно несхожие идеи, но при этом правильно описывать один и тот же базовый материал. В дальнейшем этот момент будет принципиален. Организм может быть живым, хотя и состоит из неживых атомов. Животное может обладать сознанием, хотя его отдельные клетки и лишены сознания. Люди могут делать выбор, даже несмотря на то что концепция «выбора» неприменима к тем компонентам, из которых они состоят.

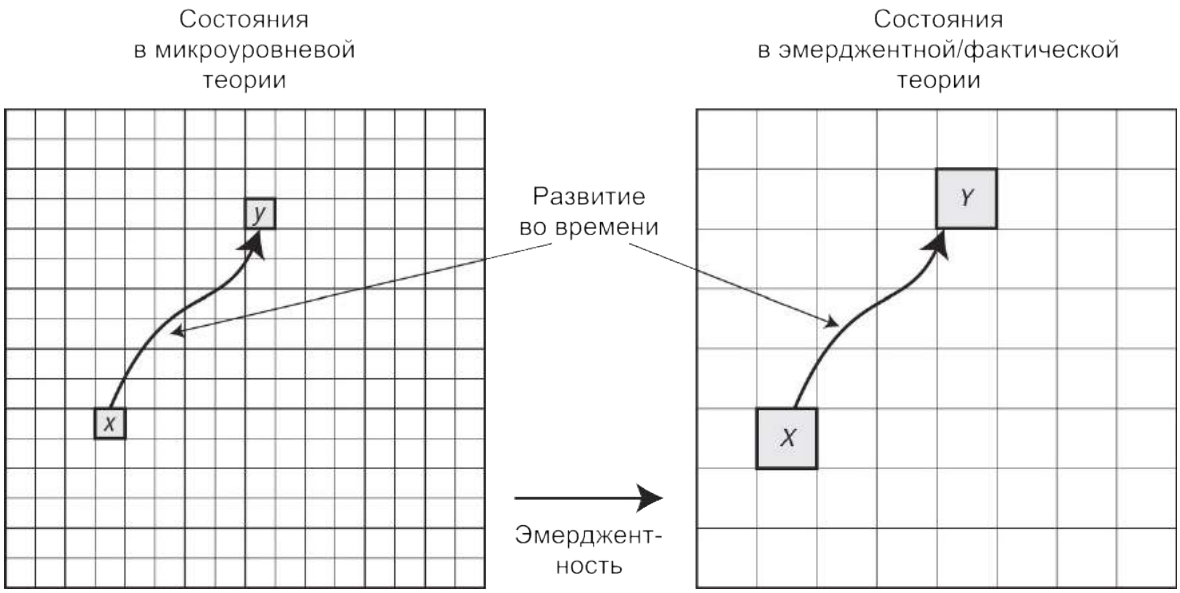
* * *

Если у нас есть две различные теории и они обе правильно описывают одну и ту же базовую реальность, то они должны быть связаны друг с другом и взаимно непротиворечивы. Иногда эти отношения просты и прозрачны, в других случаях приходится просто поверить, что они существуют.

Случай с динамикой флюида, возникающей из совокупности молекул, восхитительно прост. Одна теория может быть выведена непосредственно из другой благодаря процессу, именуемому *огрублением*. Можно напрямую соотнести одну теорию (молекулы) с другой (флюид). Конкретное состояние в первой теории — список всех молекул, их положений и скоростей — соответствует конкретному состоянию во второй, учитывающему плотность, давление и скорость флюида в каждой его точке.

Более того, множество различных состояний молекулярной теории соответствуют *одному и тому же* состоянию флюидной. В такой ситуации первая теория зачастую именуется «микроскопической», «тонкой» или «фундаментальной», а вторая «макроуровневой», «грубой», «эмерджентной» или «фактической». Эти характеристики не абсолютны. Для биолога, работающего с эмерджентной теорией клеток и ткани, теория об атомах и их взаимодействиях может быть описанием в микромасштабе; для специалиста по теории струн, работающего с квантовой гравитацией, суперструны могут быть микроскопическими сущностями, а атомы будут эмерджентны. Микроуровень из одного контекста оказывается макроуровнем в другом.

Мы хотим, чтобы наши теории давали физические прогнозы, согласующиеся друг с другом. Допустим, что состояние x в микроуровневой теории развивается в некое состояние y. Также предположим, что «эмерджентное» соотнесение позволяет уподобить состояния x и y состояниям X и Y в эмерджентной теории флюида. Поэтому было бы лучше, если бы X развивалось в Y по законам эмерджентной теории — как минимум с очень высокой вероятностью. Если исходить из микроскопического состояния, то процесс «развития ситуации во времени и отслеживания, как она отражается на уровне эмерджентной теории», должен давать такой же результат, как «отслеживание соответствующего процесса в эмерджентной теории с последующим развитием его во времени».



Возникновение одной теории из другой. Квадратики на каждой картинке соответствуют различным возможным состояниям, в которых может находиться вся система при описании её на уровне той или иной теории. Развитие во времени и эмерджентность должны согласовываться; микросостояния, соответствующие одному и тому же эмерджентному состоянию, должны разливаться в микросостояния, которые, в свою очередь, также соответствуют одному и тому же эмерджентному состоянию. Каждому эмерджентному состоянию соответствует ряд микросостояний

Огрубление действует в одном направлении — с микроуровня на макроуровень, но не наоборот. Нельзя открыть свойства микроуровневой теории, всего лишь зная макроуровневую. Действительно, эмерджентные теории могут иметь *множественную реализуемость*: в принципе может существовать несколько микроуровневых теорий, не согласующихся друг с другом, но соответствующих одному и тому же эмерджентному описанию. Воздух можно воспринимать как флюид, ничего не зная о его молекулярном составе, равно как вообще о возможности описания воздуха как совокупности частиц.

Эмерджентность столь удобна потому, что различные теории не равны друг другу. Эмерджентная теория флюида в своей области применения обладает невероятно высокой вычислительной эффективностью по сравнению с микроуровневой молекулярной теорией. Проще зафиксировать несколько переменных, описывающих свойства флюида, чем состояния всех этих молекул. Как правило — но не всегда — теория, обладающая

более широкой областью применения, также будет и более затратной с вычислительной точки зрения. Обычно теория чем более практична, тем менее подробна.

Возможность выстроить две различные теории о воздухе в вашей комнате, представив его в одном случае как флюид, а в другом как совокупность молекул, является одним из наиболее ярких примеров эмерджентности, а в более общем смысле — поэтико-натуралистической идеи, что можно несколькими способами описать базовую реальность. Как вы уже догадываетесь, здесь есть некоторые тонкости, которые стоит исследовать.

* * *

Одно из свойств примера с молекулами и флюидом заключается в том, что можно *вывести* макроуровневую теорию флюида из микроуровневой молекулярной теории. Мы можем, начав с молекул, предположить, что в каждой точке пространства наблюдается высокая плотность молекул, а затем «сгладить» это распределение, чтобы получить точные формулы для определения свойств флюида, в частности давления и температуры, исходя из взаимодействий молекул. Именно этот процесс был выше назван «огрублением».

Однако здесь мы втихую воспользовались очень характерной чертой кинетической теории, которая так просто не распространяется на другие ситуации, что могли бы нас заинтересовать. В принципе молекулы воздуха — простые объекты, которые тупо сталкиваются друг с другом, когда оказываются в одной точке пространства. В результате мы просто строим описание флюида, рассчитывая усреднённые свойства всех молекул. Среднее количество молекул даёт плотность, средняя энергия — температуру, средний импульс движения в различных направлениях — давление и т. д.

Мы не можем принимать такие свойства как данность. Так, в квантовой механике существует феномен *запутанности*: невозможно даже указать состояние системы, перечислив состояния всех её подсистем по отдельности. Требуется рассматривать всю систему целиком, поскольку различные её элементы могут быть переплетены друг с другом. Копнём поглубже: если скомбинировать квантовую механику с гравитацией, то в соответствии с распространённым убеждением (хотя и не подтверждённым, так как мы практически ничего не знаем наверняка о квантовой гравитации) само пространство оказывается эмерджентным, а не фундаментальным. В таком случае даже не имеет смысла говорить о «положении в пространстве» как о фундаментальном концепте.

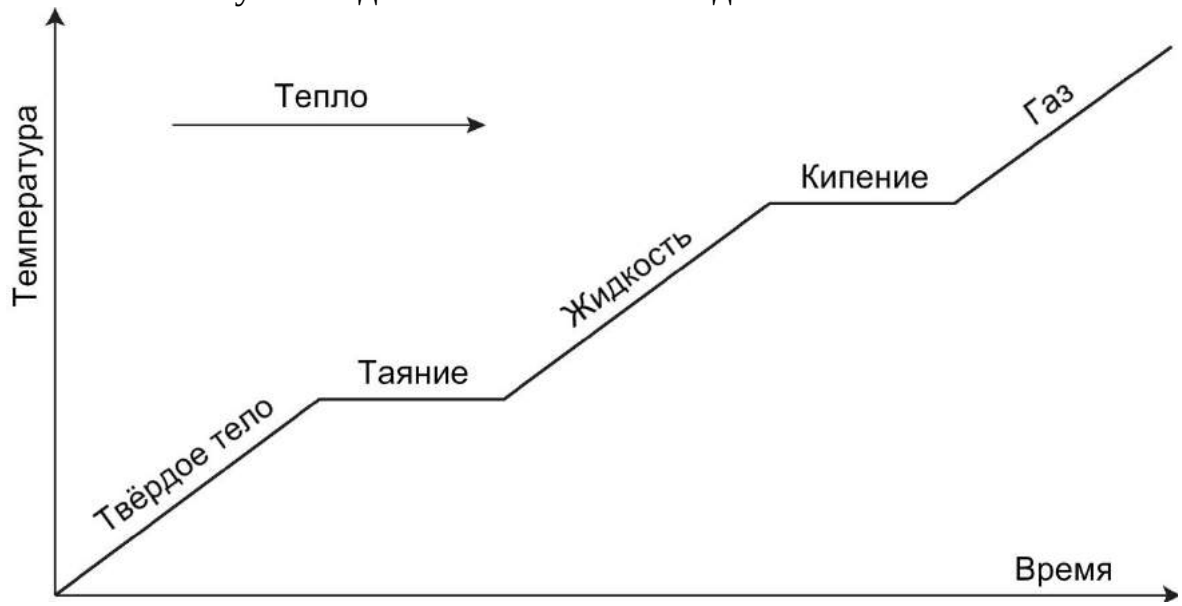
Нет необходимости возноситься в потаённые пределы квантовой гравитации, если мы лишь ищем ситуации, в которых простого «сглаживания» недостаточно для перехода от микроуровневой теории к эмерджентной. Пожалуй, мы хотели бы иметь такую теорию человеческого мозга, которая выстраивается на основе функционирования множества нейронов. Или теорию нейрона, выстраивающуюся на основе взаимодействия молекул, из которых он состоит. Проблема в том, что и нейроны, и огромные органические молекулы каждого нейрона очень сложны сами по себе; их функционирование зависит от того, каким именно образом они получают конкретный «ввод» из окружающей среды. Если просто взять их усреднённые свойства в том или ином регионе, то мы не уловим всех этих тонкостей. Речь не о том, что не может существовать практичной эмерджентной теории, в которой состояния нейронов соотносились бы с состояниями мозга по принципу «многие к одному»; просто получить такую теорию можно несколько более косвенным способом, чем в случае с описанием воздуха в комнате.

Воздух в комнате даёт простой и непротиворечивый пример эмерджентности. Всем понятно, что в данном случае происходит и как об этом говорить. Однако такая простота может быть обманчива. Видя, как легко можно вывести механику флюида из взаимодействий отдельных молекул, читатель может подумать, что вся суть эмерджентности — это вывод одной теории из другой. Нет — эмерджентность касается различных теорий, описываемых в разных терминах, но дающих взаимно непротиворечивые описания одних и тех же базовых феноменов, каждая в своей области применения. Если у макроуровневой теории есть область применения, являющаяся подразделом области применения некой микроуровневой теории, и обе теории согласуются друг с другом, то принято говорить, что микроуровневая теория *включает в себя* макроуровневую; но такие вещи зачастую принимаются как данность, продемонстрировать их на примере не удаётся. Очень хорошо, если получается поэтапно вывести одну теорию из другой, но такая возможность далеко не является определяющей для данной идеи.

* * *

По мере того как системы развиваются во времени — например, в ответ на изменение условий окружающей среды, — они могут переходить из области, предусматривающей один вариант эмерджентного описания, в другую область. Такое событие называется *фазовым переходом*. Наиболее известный пример — вода. В зависимости от температуры и давления, это вещество может находиться в твёрдом состоянии (лёд), жидком состоянии

(вода) или газообразном состоянии (водяной пар). Базовое микроскопическое описание вещества не изменяется: оно состоит всё из тех же молекул H_2O. Однако макроскопические свойства изменяются при переходе из одной «фазы» в другую. Изменяются условия, и в зависимости от этого мы по-разному говорим о воде. Плотность, жёсткость воды, скорость звука в ней, а также другие её свойства могут полностью изменяться — при этом изменяется и наш словарь. Например, вы не скажете «*налить* кубик льда» или «*наколоть* воды».



Изменение агрегатных состояний воды по мере её нагревания: твёрдое тело, затем жидкость, затем газ. Уровни таяния и кипения напоминают плато; на данных этапах внутренняя молекулярная структура видоизменяется, хотя температура и остаётся фиксированной

Механизм фазового перехода до сих пор бесконечно занимает учёных. Некоторые такие переходы происходят стремительно, другие — медленно; в некоторых случаях субстанция полностью видоизменяется, в других случаях эти изменения происходят более поступательно. На рисунке отражена одна интересная черта фазового перехода: не все изменения заметны на первый взгляд. Когда мы нагреваем воду, она постепенно превращается изо льда в пар, по мере повышения температуры. На некотором уровне, где совершается переход, есть такой период, когда температура остаётся постоянной, но молекулярная структура вещества изменяется. При фазовом переходе субстанция приобретает совершенно новые физические свойства: твёрдость, прозрачность, электропроводимость. Либо может стать живой или сознающей.

Когда мы говорим о простых молекулярных системах, зачастую удаётся точно определить, какой теоретический словарь в данном случае уместен и где именно наступает переход от одной фазы к другой. Эта граница размывается, если говорить о биологии или о человеческих взаимоотношениях, но в принципе продолжают действовать всё те же базовые идеи. Все мы знаем, как изменяется обстановка в переполненной комнате, когда кто-то высказывает верную (или ошибочную) мысль либо когда в разговор вступает новый человек. Вот неполный список важных фазовых переходов, происходивших в истории космоса:

• образование протонов и нейтронов из кварков и глюонов на раннем этапе существования Вселенной;

• ядра обрастают электронами, образуются атомы (через несколько сотен тысяч лет после Большого взрыва);

• образование первых звёзд — Вселенная наполняется звёздным светом;

• возникновение жизни: самоподдерживающаяся сложная химическая реакция;

• многоклеточность: одноклеточные живые организмы образуют единое целое;

• сознание: осознание самого себя и способность построить ментальное представление о Вселенной;

• возникновение языка, способность формулировать абстрактные мысли и обмениваться ими;

• изобретение машин и других технологий.

Фазовые переходы бывают не только в мире материалов, но и в мире идей. Томас Кун, специалист по философии науки, популяризовал идею «смены парадигмы», описывая, как новые теории могут простимулировать учёных концептуализировать мир совершенно по-новому. Фазовым переходом может считаться даже такая ситуация, когда отдельный человек изменяет точку зрения о чём-либо; после этого мы будем говорить об этом человеке иначе. Люди, как и вода, могут выходить на «интеллектуальное плато»: внешне кажется, что они придерживаются прежних убеждений, но в глубине души их взгляды постепенно меняются.

* * *

Принципиален тот факт, что любая теория, или способ рассуждения, действует только в своей конкретной области применения. Опять же, пример с воздухом прост, но, пожалуй, настолько прост, что внушает нам ложное ощущение «и так всё понятно».

Хотя мы и считаем, что воздух в комнате «действительно» состоит из

различных молекул, область применения этой теории не позволяет рассмотреть некоторые ситуации: например, плотность воздуха может стать столь высока, что на его месте образуется чёрная дыра. (Не волнуйтесь, практически в любой комнате, где вы могли бы оказаться, это физически невозможно.) Однако флюидное описание здесь также не работает. На самом деле область применения эмерджентной теории флюида — это строго определённый подраздел области применения молекулярной теории.

Такая ситуация — два способа рассуждения, область применения одного из которых полностью входит в состав области применения другого, — конечно, не обязательна. На схеме показаны различные способы сочетания областей применения друг с другом. Одна может быть подразделом другой; две могут различаться, но пересекаться; они могут быть совершенно разными и вообще не содержать общих ситуаций. Например, в теории струн, которая сегодня является основным кандидатом на роль теории квантовой гравитации, существуют «отношения двойственности» между теориями и складывается промежуточная ситуация: имеем две теории с пересекающимися областями применения.

Так могут соотноситься области применения различных теорий (способов рассуждения, моделей)

Другим — противоположным — примером, пожалуй, является человеческое сознание. Люди состоят из элементарных частиц, причём существует Базовая теория — вполне успешная картина, описывающая взаимодействие этих частиц. О ней мы поговорим в главе 22. Можно подумать, что вы смогли бы полностью описать человека, зная состояние каждой из его элементарных частиц. У нас есть все основания полагать, что область применения физики частиц распространяется и на те частицы, из которых состоят люди. Однако возможно, хотя и маловероятно, что когда речь идёт о взаимодействии горстки частиц (именно такие случаи

изучаются специалистами по физике частиц), то они подчиняются одному набору законов, а если частиц так много, что они образуют целого человека, то на них действуют несколько иные законы. Это *«сильная эмерджентность»*, о которой мы поговорим в следующей главе. Нет никаких доказательств того, что эта закономерность соблюдается в случае с человеком, однако она позволяет избежать неприятных последствий, сопряжённых с описанием человека на языке известных законов физики частиц — если эти последствия действительно вас смущают.

Такие неиерархические области применения нечасто попадаются в дискуссиях об эмерджентности. Гораздо чаще встречаются ситуации, показанные слева на схеме, где одна теория входит в состав области применения другой теории; может быть, речь идёт о вложенной цепочке из множества теорий. Действительно, в данном случае мы ближе всего подходим к феномену «иерархии наук», описанному в XIX веке французским философом Огюстом Контом. В данном случае мы начинаем с физики, занимающей самый микроскопический и всеобъемлющий уровень; из неё возникает химия, из химии — биология, из биологии — психология и, наконец, из психологии — социология.

Эта иерархическая картина позволяет говорить об «уровнях», когда мы рассуждаем об эмерджентности. Чем ниже уровень, тем более микроскопическое и детализированное описание он даёт; выше расположены макроскопические уровни, для которых характерно огрубление. Если такая иерархия прослеживается, то она может быть удобна, но суть не в существовании иерархии, а в том, что есть разные способы рассуждения, позволяющие описывать одни и те же основы мироздания; причём эти варианты не противоречат друг другу, когда области их применения пересекаются.

Глава 13
Что существует, а что иллюзорно?

Благодаря Огюсту Конту появился термин «социология». Конт поместил социологию на самую вершину системы наук; он считал изучение общества венцом этой иерархии. Затем наступил ослепительный успех физики, описавшей микромир, и для некоторых мир словно перевернулся с ног на голову: им нравится рассуждать о самых глубинных, фундаментальных уровнях реальности. Эрнест Резерфорд, физик-экспериментатор родом из Новой Зеландии, тот самый, кто открыл строение атома, однажды сказал: «Вся наука — это либо физика, либо коллекционирование марок». Неудивительно, что учёные, не занимавшиеся физикой, — иными словами, абсолютное большинство учёных — осмелились с этим не согласиться.

С точки зрения эмерджентности вопрос формулируется так: в чём *новизна и характерность* эмерджентных феноменов? Является ли эмерджентная теория всего лишь новой трактовкой теории микромира, либо она по-настоящему новаторская? Если уж на то пошло, возможно ли (хотя бы в принципе) вывести свойства эмерджентной теории из микроскопического описания, либо фундаментальная материя на самом деле по-разному ведёт себя на микроуровне и макроуровне? Этот вопрос можно сформулировать и более остро: *реальны* эмерджентные феномены или всего лишь иллюзорны?

Можете себе представить, как актуальны становятся подобные вопросы, когда мы начинаем рассуждать о столь непростых проблемах, как возникновение сознания или свободной воли. Конечно, вы считаете, что сами выбираете: забрать ли последний кусочек пиццы или противостоять соблазну. Однако уверены ли вы, что здесь всё действительно зависит от вашей воли? Если основополагающие законы природы детерминистичны, то не является ли ваша воля чистой иллюзией?

В физическом контексте независимая реальность физических феноменов становится важной проблемой. Филипп Андерсон получил Нобелевскую премию по физике в 1977 году за исследование электронных свойств материалов. Андерсон — один из учёных, занимающихся физикой «конденсированных состояний», то есть работающих с твёрдыми телами, жидкостями или другими «осязаемыми» в макроскопическом масштабе формами материи, существующими здесь, на Земле, — в отличие от

астрофизиков, физиков-атомщиков или специалистов по физике частиц. В 1990-е годы, когда в Конгрессе США обсуждалась судьба ускорителя частиц под названием «сверхпроводящий суперколлайдер», Андерсона пригласили выступить в качестве физика-эксперта, не занимающегося физикой частиц как таковой. Он сообщил комитету, что аппарат, несомненно, поработает на славу, но любые открытия, которые он позволит совершить, будут абсолютно несущественны для той области, в которой специализируется сам Андерсон. Это был честный и точный ответ, пусть он и мог немного разочаровать специалистов по физике частиц, надеявшихся, что всё физическое сообщество выступит на их стороне единым фронтом. В 1993 году Конгресс закрыл работы над сверхпроводящим суперколлайдером; конкурирующий проект, Большой адронный коллайдер, был запущен в Европе, и именно на нём в 2012 году открыли бозон Хиггса.

Мнение Андерсона было связано с тем фактом, что эмерджентная теория может быть полностью независима от более детализированных, исчерпывающих описаний той же самой системы. Эмерджентная теория самодостаточна (она работает сама по себе, без привязки к другим теориям) и обладает множественной реализуемостью: несколько микроуровневых теорий могут приводить к одному и тому же макроскопическому объяснению.

Андерсона могло бы, например, заинтересовать, как электрический ток проходит через ту или иную керамику. Мы знаем, что вещество состоит из атомов, знаем, по каким законам электричество и магнетизм взаимодействуют с этими атомами. Для решения вопросов, интересующих Андерсона, больше ничего знать не требуется. Можно считать эмерджентной теорию об атомах, электронах и их взаимодействиях, а любые более детализированные теории — микроуровневыми. Эмерджентная теория подчиняется собственным законам, не зависящим от каких-либо потенциальных «более глубоких» уровней. Она вполне может быть множественно реализуемой. Андерсону нет дела до кварков, носящихся в атомном ядре, или до самого бозона Хиггса; определённо его не интересует и теория суперструн, и любая другая, пытающаяся дать более полное описание вещества на микроуровне (по большей части Андерсону даже не требуется ничего знать об атомах, так как он работает с более сильным огрублением).

Учитывая такую ситуацию, специалисты по физике конденсированных состояний давно настаивают, что эмерджентные феномены по праву следует считать новыми, а не просто «смазанными» версиями каких-либо

более глубоких описаний. В 1972 году Андерсон опубликовал авторитетную статью под названием «More Is Different» («Большее есть другое»), в которой доказывал, что любое описание природы, которое можно дать на том или ином уровне, заслуживает самостоятельного изучения и постижения, а сосредотачиваться на наиболее фундаментальном уровне неверно. Он по-своему прав. Знаменитая проблема физики конденсированных состояний — поиск теории, которая бы успешно описывала высокотемпературные сверхпроводники — такие вещества, через которые электрический ток проходит без сопротивления при температурах существенно выше абсолютного нуля. Все, кто занимается этой проблемой, считают, что такие вещества состоят из обычных атомов, подчиняющихся обычным законам микромира; при этом они понимают, что подобное объяснение фактически никак не помогает нам понять, почему вообще возникает высокотемпературная сверхпроводимость.

* * *

Здесь возникает сразу несколько взаимосвязанных, но логически самостоятельных вопросов.

1. Являются ли наиболее детализированные (микроуровневые, исчерпывающие) описания интересными или важными?

2. Если мы планируем исследование, в рамках которого стремимся понять макроскопические феномены, то следует ли при этом сначала понять микроскопические феномены, а затем на их основе вывести эмерджентное описание?

3. Узнаем ли мы при изучении эмерджентного уровня нечто такое, чего не смогли бы понять, изучая микроуровень, будь мы даже настолько умны, как демон Лапласа?

4. Является ли поведение системы на макроуровне несовместимым с теми свойствами системы, которые мы ожидали бы в ней встретить, зная лишь её законы на микроуровне, и может ли идти речь не просто о несовместимости, а о прямом противоречии?

Первый вопрос, конечно, субъективен. Если вы интересуетесь физикой частиц, а ваш друг интересуется биологией, то никто из вас не будет правее другого; просто вы смотрите на вещи по-разному. Второй вопрос несколько более практичен, и ответ на него достаточно очевиден: нет. Почти во всех интересующих нас случаях мы можем немного подробнее разобраться в макроуровнях, изучая микроуровни, но узнаем больше (и быстрее), если станем изучать сами макроуровни.

Именно на третьем вопросе всё становится неоднозначным. С одной точки зрения можно сказать: если мы полностью понимаем микроуровень,

область применения которого полностью охватывает область применения эмерджентной теории, то знаем всё необходимое. В принципе любой вопрос, который может у вас возникнуть, можно сформулировать в контексте микроуровня и в этом же контексте на него ответить.

Однако под этим «в принципе» скрывается множество пороков, в том числе один очень существенный. Принимая эту точку зрения, мы фактически говорим: «Хотите знать, будет ли завтра дождь? Тогда сообщите мне координаты всех молекул в земной атмосфере, и я это вычислю». Мало того, что такой вариант вопиюще нереалистичен, так он ещё и игнорирует тот факт, что эмерджентная теория описывает истинные свойства системы, которые могут полностью ускользать от нас на микроуровне. Возможно, у вас будет самодостаточная и исчерпывающая теория о взаимодействиях вещей, но это ещё не означает, что вам известно всё; в частности, вы не знаете всех вариантов рационального рассуждения о системе. (Даже если вы знаете, как ведёт себя атом в сосуде с газом, от вас, возможно, ускользнёт тот важный факт, что эту систему также можно описать как флюид.) На самом деле мы действительно узнаём нечто новое, изучая эмерджентные теории как таковые, даже если все теории целиком и полностью согласуются друг с другом.

Переходим к четвёртому вопросу — и тут перед нами воцарится настоящий хаос.

* * *

Здесь мы вступаем в пределы так называемой *сильной эмерджентности*. До сих пор мы обсуждали «слабую эмерджентность»: даже если эмерджентная теория позволяет понять вещи под новым углом, а также гораздо более практична при вычислениях, вы, в принципе, можете заложить в компьютер теорию микроуровня, сымитировать её и таким образом в точности выяснить, как будет функционировать система. При сильной эмерджентности — если она вообще существует — подобное невозможно. С такой точки зрения, когда много компонентов объединяются и образуют единое целое, мы должны ожидать не просто *новых знаний*, которые позволили бы нам точнее описать систему, но и быть готовы к открытию *новых функций*. При сильной эмерджентности поведение многочастной системы даже в принципе несводимо к суммарному поведению всех её элементов.

Феномен сильной эмерджентности на первый взгляд немного озадачивает. Для начала требуется признать, что в определённом смысле большой макроскопический объект — например, человек — состоит из более мелких элементов, скажем, из атомов. Как вы помните, в квантовой

механике бывает невозможно отделить одни составляющие от других, но сторонники сильной эмерджентности не всегда учитывают такую тонкость. Далее признаётся, что существует микроуровневая теория, описывающая, как поведёт себя атом в конкретных обстоятельствах. Но после этого заявляется, что атом испытывает воздействие той макроскопической системы, в состав которой он входит, и нельзя считать, что этот эффект обусловлен суммарным воздействием всех остальных атомов. Единственный вариант — считать такой феномен воздействием целого на отдельные составляющие.

Представлю себе, что я всматриваюсь в отдельный атом, который сейчас входит в состав кожи, обтягивающей кончик моего пальца. По идее, я мог бы подумать, что, руководствуясь правилами атомной физики, я могу спрогнозировать поведение атома в соответствии с законами природы и свойствами той среды, которая окружает атом, — а в этой среде он подвергается воздействию других атомов, электрических и магнитных полей, силы тяготения и т. д. Сторонник сильной эмерджентности возразит мне: «Нет, не сможете. Атом — часть вас, то есть человека, и вам не удастся спрогнозировать поведение этого атома без дополнительной информации о более крупной системе, то есть о человеке. Знаний об атоме и окружающей его среде ещё недостаточно».

Разумеется, мир может быть устроен и так. Если мир действительно устроен именно так, то наша гипотетическая микроуровневая теория атома попросту *ошибочна*. Физические теории хороши именно тем, что они очень чётко описывают, какая информация нужна, чтобы спрогнозировать поведение объекта, а также чётко поясняют, что представляет собой спрогнозированное поведение. Наша наилучшая физическая теория не предполагает никакой неопределённости в том, как должен вести себя атом. Если существуют ситуации, в которых атом ведёт себя иначе, например, будучи на кончике моего пальца, то наша теория неверна и нам нужно разработать более качественную.

Конечно, это совершенно возможно (много что возможно). В главах 22–24 мы подробнее обсудим, как работают наши наилучшие физические теории, в том числе удивительно успешный и строгий аппарат квантовой теории поля. Что касается квантовой теории поля, новые силы или взаимодействия не могут существенно влиять на атомы моего тела — точнее говоря, любые возможные влияния такого рода уже были проверены экспериментально и исключены. При этом вполне возможно, что сама квантовая теория поля попросту ошибочна. Однако нет никаких доказательств в пользу её ошибочности, но есть очень убедительные

экспериментальные и теоретические основания считать её верной в очень широкой области применения. Итак, мы можем размышлять о каких-то вариантах этой базовой физической парадигмы, но также должны учитывать, сколь радикально меняем наши лучшие теории о мироздании, просто чтобы учесть такой феномен (человеческое поведение), который известен своей сложностью и трудностью для понимания.

* * *

Может быть, нам понадобится (или не понадобится), стиснув зубы, разобраться в сильной эмерджентности, чтобы понять взаимосвязи между атомами, из которых состоит наше тело, а также понять, что представляет собой сознание, присущее каждому из нас. Но мы обязаны выяснить, как они соотносятся друг с другом, учитывая, что и атомы, и сознание существуют в реальном мире.

И соотносятся ли они вообще?

Существует континуум возможных тезисов о том, как сочетаются различные варианты интерпретации реальности. Одна крайность — это «сильная эмерджентность» (все варианты самостоятельны и даже несовместимы друг с другом), а другая — «сильный редукционизм» (все варианты сводимы к одному, наиболее фундаментальному). Приверженец сильного редукционизма стремится не просто соотнести макроскопические свойства мира с каким-то базовым фундаментальным описанием, но идёт дальше и отказывается признавать само *существование* элементов эмерджентной онтологии (при наличии какой-либо адекватной дефиниции для «существования»). Согласно этой философской школе, реальная проблема с сознанием заключается в том, что сознания как такового не существует. Сознание — просто иллюзия. В онтологическом контексте такой строгий вариант редукционизма именуется *элиминативизмом*, поскольку его сторонники хотят вообще уйти от проблем, связанных с состояниями разума. (Естественно, существует целый калейдоскоп различных типов элиминативизма, и каждый из них по-своему трактует, от чего следует избавиться, а что оставить.)

На первый взгляд, вопрос о том, что реально, а что нет, не кажется неразрешимой проблемой. Стол перед вами — это реальность, а единорогов в реальности не существует. А если учесть, что стол состоит из атомов? Вправе ли мы сказать, что атомы реальны, а стол нет?

Это была бы своеобразная интерпретация слова «реальный», в которой оно применимо лишь к наиболее фундаментальному уровню экзистенции. Это не самое удобное определение, которое можно было бы себе представить. Во-первых, мы пока не располагаем полной теорией

реальности на её глубочайшем уровне. Если бы мы судили об истинной экзистенции по таким стандартам, то единственно верная точка зрения была бы такова: ничто в мире, воспринимаемом человеком, не является реальным. Такой философии присущ некоторый дзеновский пуризм, но она не слишком нам пригодится, если мы, вооружившись концепцией «реального», попробуем отличать одни феномены от других. Витгенштейн бы сказал, что подобные рассуждения не имеют смысла.

Сторонник поэтического натурализма выразился бы иначе: нечто является «реальным», если играет существенную роль в каком-то конкретном представлении о реальности, которое, насколько мы можем судить, точно описывает мир в рамках своей области применения. Атомы реальны; столы реальны; сознание, вне всякого сомнения, реально. Подобную концепцию предложили Стивен Хокинг и Леонард Млодинов, назвав её «моделезависимый реализм».

Не всё реально даже в соответствии с этим нестрогим стандартом. Когда-то физики верили в существование «светоносного эфира» — невидимой субстанции, наполняющей пространство и служащее той средой, в которой распространяются электромагнитные волны света. Альберт Эйнштейн был первым, кто осмелился выступить и заявить, что концепция эфира эмпирически бессмысленна; мы могли бы просто признать, что эфира не существует, и это нисколько не нарушило бы каких-либо прогнозов, которые даёт теория электромагнетизма. Нет такой предметной области, в которой для наилучшего описания мира нам бы потребовалась концепция светоносного эфира; эфира просто не существует.

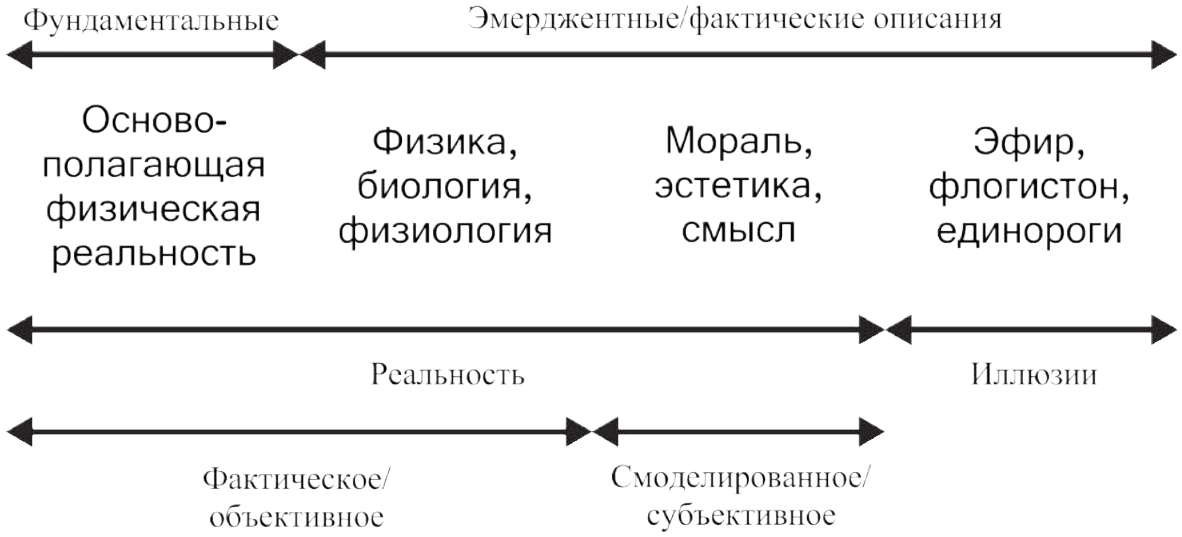
* * *

Иллюзии — это просто ошибки, концепции, не играющие никакой полезной роли при описании мира с любой степенью огрубления. Когда вы ползёте через пустыню, без воды и с помутившимся рассудком, и вам кажется, что вдали виднеется пышный оазис с пальмами и озером, то это (вероятно) иллюзия в том смысле, что оазис ещё далеко. Но если вам повезёт и это *действительно* оазис, то вы сможете зачерпнуть горсть воды и эта жидкость будет реальна, пусть даже её можно описать более исчерпывающим образом — как совокупность молекул, состоящих из водорода и кислорода.

Сознание — не иллюзия, даже если мы считаем его «просто» эмерджентным представлением об атомах, каждый из которых в отдельности подчиняется законам физики. Если ураганы реальны — а имеются основания считать, что так оно и есть, — то, хотя они и представляют собой всего лишь атомы в движении, у нас нет никаких

причин воспринимать сознание иначе. Сказать, что сознание реально, не означает утверждать нечто, выходящее за рамки физического мира; оно эмерджентно и при этом оно реально, точно так же, как и почти всё, с чем нам приходится сталкиваться в жизни.

Удобно описывать наш натурализм как «поэтический», поскольку существуют и другие разновидности натурализма. Бывают строгие формы натурализма, требующие абстрагироваться от всего зримого и настаивающие, что единственно верным было бы рассуждать о мире на его глубочайшем, наиболее фундаментальном уровне. На другом полюсе этого спектра находятся «расширенные» разновидности натурализма, в которых предполагается, что фундаментальный уровень мира не сводится к физической реальности. К этой огульной категории относятся и те, на чей взгляд ментальные свойства реальны и отличаются от физических, и те, кто уверен, что моральные принципы столь же объективны и фундаментальны, как и физический мир.



Так поэтический натурализм отделяет «фундаментальное» от «эмерджентного/фактического», «реальное» от «иллюзорного» и «объективное» от «субъективного»

Поэтический натурализм занимает промежуточное положение: согласно этой философии, существует всего один унифицированный физический мир, но есть много способов суждения о нём, и каждый такой способ охватывает свою часть реальности. Поэтический натурализм как минимум не противоречит собственным стандартам: он пытается предложить нам наиболее полезный способ рассуждения об окружающем мире.

* * *

Самая соблазнительная ошибка, которую мы рискуем совершить, имея дело со множественными представлениями о реальности, — это смешать термины, относящиеся к различным дискурсам. Вам могут сказать: «В сущности, вы не можете чего-то *хотеть*, ведь вы просто совокупность атомов, а атомы лишены желаний». Действительно, сами атомы ничего не хотят, феномен «желание» отсутствует в нашей наилучшей теории для описания атомов. Было бы совершенно справедливо сказать: «Ни один из тех атомов, из которых вы состоите, не заставляет вас чего-то желать».

Однако из этого не следует, что у *вас* не может быть желаний. «Вы» также не относитесь к теории, оптимально описывающей те атомы, из которых вы состоите; вы эмерджентны, и это означает, что вы являетесь элементом более высокоуровневой онтологии, описывающей мир на макроуровне. На том уровне описания, где правомерно говорить о «вас», не менее правомерно говорить и о ваших чувствах и желаниях. Эти феномены реальны в контексте наших наилучших представлений о человеческом существе. Вы можете считать себя индивидом, *или* вы можете считать себя совокупностью атомов. Просто не смешивайте эти представления, как минимум отвечая на вопросы о взаимодействии одних сущностей с другими.

Как бы то ни было, это идеальный случай. Следуя примеру Галилея и игнорируя сложности в стремлении к простоте, физики разработали формальный аппарат, где разделение различных способов суждения — «фактических теорий поля» — является точным и хорошо определённым. Стоит нам выйти за пределы физики и оказаться в более сложных и неоднозначных областях, биологии и психологии, разграничивать теории становится сложнее. Человек, который подхватил болезнь, может стать заразными, то есть может передать свою болезнь другим людям. «Болезнь» — удобная категория в нашем лексиконе, позволяющая описывать больных людей на их собственном уровне реальности, без привязки к микроскопическим основам болезни. Но мы знаем и о существовании более глубокого уровня, на котором данная болезнь есть проявление, скажем, вирусной инфекции. Ничего не поделаешь, приходится выражаться неаккуратно и смешивать людей, болезни и вирусов в одном большом путаном терминологическом аппарате.

Исследование двойственности, возникающей между различными физическими теориями, — это основная сфера деятельности для некоторых физиков; точно так и философы могут специализироваться на исследовании того, как соотносятся друг с другом различные дискурсы,

причём не только соотносятся, но иногда и перемешиваются. В нашем случае мы можем оставить эту задачу в качестве самостоятельной работы для любителей онтологии, а сами перейдём к другому вопросу: как мы формулируем различные способы рассуждения о нашем реальном мире?

Глава 14
Планеты убеждений

Большинство людей спят спокойно, не задумываясь о том, реален ли в принципе наблюдаемый мир, либо всё это — обман злого демона. Мы принимаем за истину, что видимое и слышимое нами хотя бы с некоторой степенью надёжности отражает реальность, и исходим из этого. Таким образом, перед нами встаёт более тонкая проблема: как мы выстраиваем исчерпывающую картину мироздания, которой можно доверять и которая в то же время согласуется с нашим опытом?

Декарт искал «базис» для обоснованной веры. Благодаря такой поддержке вся структура прочно базируется на реальных основаниях. Философский *фундаментализм* — это поиск таких реальных оснований, на которых можно воздвигнуть «храм» знаний.

Знания как ряд убеждений, покоящихся на надёжном основании

Давайте отнесёмся к этой метафоре серьёзнее, чем она, пожалуй, того заслуживает. В масштабах индивида та почва, на которой мы стоим, безусловно, прочна и надёжна. Однако стоит нам немного уменьшить масштаб — и мы увидим, что почва является всего лишь частью планеты, на которой мы живём. А эта планета, Земля, вообще ни на чём не зиждется, а свободно движется в пространстве по околосолнечной орбите. Отдельные

фрагменты вещества, из которых состоит Земля, не встроены в какую-то незыблемую структуру; они удерживаются вместе под действием взаимного гравитационного притяжения. Все планеты в Солнечной системе сформировались постепенно, по мере аккреции камней и пыли. Каждый такой конгломерат становился всё увесистее и притягивал к себе оставшиеся крупицы вещества, пока это было возможно.

Совершенно случайно мы обнаружили метафору, которая гораздо точнее описывает, как именно действуют системы убеждений. Планеты ни на чём не зиждутся; они не распадаются благодаря механизму самоподдержания. Точно так и с убеждениями: они (как бы нам ни хотелось) не основываются на несомненных принципах, которые нельзя было бы оспорить. На самом деле, целые системы убеждений более или менее успешно стыкуются друг с другом, удерживаются взаимным эпистемологическим притяжением.

Знания — это набор убеждений, которые удерживаются вместе благодаря «гравитационному притяжению» их взаимной непротиворечивости. Фрагменты планет убеждений для Аристотеля, Декарта и современных поэтических натуралистов.

Здесь *планета убеждений* — гораздо более насыщенное и сложное единство, чем просто онтология. Онтология — это представление о том, что реально существует, а планета убеждений содержит и всевозможные иные мнения, в том числе методы для понимания мира, априорные истины, производные категории, предпочтения, эстетические и этические суждения и пр. Если вы считаете, что два плюс два равно четыре, а шоколадное мороженое определённо вкуснее ванильного, то эти мнения не входят в состав вашей онтологии, но являются частью планеты ваших убеждений.

* * *

Идеальных аналогий не бывает, но метафора с «планетами

убеждений» удачно отражает мировоззрение, известное в философских кругах под названием *«когерентизм»*. Согласно этой картине мира, обоснованным считается такое убеждение, которое относится к когерентному множеству посылок. Такая когерентность выступает в роли силы тяготения, под действием которой из камней и пыли образуются настоящие планеты. Планета убеждений стабилизируется, если все отдельные убеждения в её составе взаимно когерентны и подкрепляют друг друга.

Некоторые «планеты» неустойчивы. В жизни люди могут иметь самые разные убеждения, одни из которых несовместимы с другими, даже если человек этого не признаёт. Будем считать, что планета убеждений подвергается постепенной, но непрерывной циркуляции, в ходе которой различные убеждения вступают в контакт друг с другом. В мантии настоящих планет также происходит конвекция, а ближе к поверхности идёт тектоника плит. Столкновение двух принципиально несовместимых убеждений напоминает смешивание двух активных химикатов, и в результате происходит мощный взрыв, который даже может разнести в пыль всю планету; затем из этих осколков может повторно сформироваться новая планета.

В идеале мы должны постоянно зондировать и проверять наши планеты убеждений, искать в них противоречия и структурные изъяны. Планеты свободно плывут в пространстве, а не зиждутся на надёжных и неподвижных опорах, и именно поэтому мы всегда должны быть готовы оптимизировать состав и строение наших планет, вплоть до полного упразднения старых убеждений с заменой их на новые, лучшие. Новая информация, которую мы приобретаем в результате наблюдений, подобна потоку метеоритов и комет, постоянно бомбардирующих реальные планеты. Эти наблюдения должны инкорпорироваться в наши представления о мире. Бывает, что планета испытывает столь мощный удар астероида, что он даже может её расколоть. Подобные встряски, связанные либо с внутренней противоречивостью, либо с внешним шоковым воздействием, чаще случаются со сравнительно молодыми планетами, которые ещё не вполне сформировались. Однако неуязвимых среди нас нет.

Подлинная проблема заключается в том, что можно представить себе не одну, а несколько стабильных планет. Бывает множество систем убеждений, которые не согласуются друг с другом, но каждая из которых внутренне непротиворечива. Планета убеждений одного человека может содержать научный метод, а также уверенность в том, что возраст Вселенной исчисляется миллиардами лет. Другой человек может иметь

иные убеждения: буквально понимать Библию и верить, что мир был сотворён несколько тысяч лет тому назад. Если каждая планета состоит из взаимно непротиворечивых убеждений, то как узнать, чьи убеждения *верны*?

Здесь есть о чём беспокоиться. Люди придерживаются убеждений, которые вступают в яростное противоречие с убеждениями других, хотя и могут казаться совместимыми с другими убеждениями, взятыми в отрыве друг от друга. Но есть основания надеяться, что эта проблема не из разряда неразрешимых.

Эмпирический факт: существует ряд важных общих убеждений, разделяемых практически всеми. Большинство людей верят в то, что рассудок и логика очень важны при поиске истины. Могут быть разногласия насчёт универсальности этих методов, но лишь немногие люди отметают их с порога. Кроме того, все мы стремимся строить такие модели мира, которые позволяют точно представлять наблюдаемые явления. Если вы повстречаете креациониста, разделяющего гипотезу «молодой Земли» и считающего, что мир возник около 6000 лет тому назад, но уже был искусственно состарен (чтобы с научной точки зрения Земля и Вселенная казались очень древними), он же не скажет вам: «О, я не верю в факты и логику». Нет, он попытается объяснить известные вам факты в рамках своей системы убеждений, например расскажет, почему Господь создал Вселенную именно таким образом.

В любом случае предполагается, что такой принцип должен работать. Однако одной «когерентности» слишком мало, чтобы выстраивать на её основе теорию истины. Отказываться от поиска надёжных оснований и цепляться за свою «планету» — всё равно что сойти с берега в лодку, качающуюся на неспокойных волнах, или прокатиться на американских горках. Вас может замутить, а то и начнётся морская болезнь. Мы вращаемся в космосе, и ухватиться не за что.

Такие убеждения могли бы стать полностью произвольными, но есть спасение: как правило, в состав типичной «планеты» входит элемент вроде: «истинные утверждения соответствуют явлениям, действительно существующим в реальном мире». Если мы в это верим и располагаем некоторыми надёжными данными, а также достаточно честны с собой, то можем надеяться построить такие системы убеждений, которые окажутся не просто когерентны сами по себе, но и будут согласовываться с системами убеждений других людей, а также с окружающей реальностью. Как минимум можно поставить перед собой такую цель.

Иными словами, существует принципиальная разница между

стабильными планетами (такими, все элементы которых органично и когерентно притягиваются друг к другу) и планетами, *пригодными для жизни*, на которых можно жить. Пригодная для жизни планета убеждений обязательно включает в себя некоторые общепризнанные представления о фактах и рациональности, а также фактическую информацию, которую мы узнали о мире. Можно надеяться, что добросовестные люди, упорно потрудившись и постаравшись максимально познать реальность в меру своих сил, построят такие планеты убеждений, которые будут в чём-то похожи одна на другую.

* * *

Не следует переоценивать человеческую рациональность или готовность максимально объективно рассматривать новые факты. Хорошо это или плохо, но на всех планетах рано или поздно формируются самые нетривиальные защитные механизмы. Иногда вы обнаруживаете, что два ваших убеждения противоречат друг другу — в психологии такая ситуация называется *когнитивным диссонансом*. Он свидетельствует о том, что вы не вполне разбираетесь в структуре планеты ваших убеждений. К сожалению, человек замечательно умеет как-то увязывать свои убеждения, причём даже в самых экстремальных обстоятельствах.

Леон Фестингер, американский социопсихолог, впервые сформулировавший теорию когнитивного диссонанса, а также его коллеги в своё время изучали один апокалиптический культ, во главе которого стояла женщина по имени Дороти Мартин, известная целым поколениям студентов-психологов под псевдонимом Мэриан Кич. Адепты культа вслед за Мартин уверовали, что 21 декабря 1954 года Земля сгинет, но накануне истинно верующих спасут инопланетяне. Сектанты относились к этому крайне серьёзно: они уволились с работы, оставили семьи и собрались вместе, ожидая великого дня. Фестингера интересовало, как они отреагируют, когда — несмотря на их убеждения — в урочный день ничего особенного не произойдёт. Осознав неопровержимый факт ложности пророчества своей гуру, усомнятся ли они в её мистической силе?

День пришёл и ушёл — и после этого адепты стали ещё ревностнее верить в пророческий дар Мартин. Наутро 21 числа Мартин было новое видение: именно благодаря беззаветной вере её небольшой паствы Земля была спасена от уничтожения. Ликующие последователи, с готовностью в это поверившие, принялись с удвоенным усердием распространять весть о её откровениях везде и всюду.

Люди являются далеко не такими взвешенными и рациональными, как нам нравится полагать. Выстроив себе уютные планеты убеждений, мы

упираемся, не желая их изменять, и в результате у нас развиваются *когнитивные искажения*, затуманивающие взгляд на мир. Мы стремимся к идеальной байесовской абдукции, хотим беспристрастно рассуждать в поисках наилучшего объяснения — но чаще всего просто берём новые данные и коверкаем их так, чтобы они уживались с уже имеющимися у нас убеждениями.

Стоит подчеркнуть два важных когнитивных искажения, которых следует остерегаться, когда выстраиваешь свою планету убеждений. Во-первых, если мы *хотим*, чтобы посылка оказалась верной, мы склонны присваивать ей более высокую субъективную вероятность. Это явление может возникать на глубоко интимном уровне и известно под названием *«своекорыстное атрибутивное искажение»*: если происходит что-то хорошее, то мы считаем, что всё дело в нашем таланте и в том, что мы это заслужили, а всё плохое списывается на злой рок или на внешние обстоятельства, которые от нас не зависят. В более общем смысле мы естественным образом склоняемся к такому мировоззрению, которое как-либо нам льстит, позволяет нам чувствовать себя важными или даёт ощущение комфорта.

Другое искажение — это стремление сохранять свою планету убеждений неизменной, а не модифицировать её. Оно также может проявляться по-разному. *Склонность к подтверждению своей точки зрения* — это стремление цепляться за ту информацию, которая подтверждает уже имеющиеся у нас убеждения (и выпячивать её), при этом отвергая те факты, которые позволяют усомниться в наших убеждениях. Эта тенденция настолько сильна, что ведёт к *эффекту обратного результата*: предъявите кому-нибудь факты, противоречащие его взглядам, и, как показывают исследования, человек ещё сильнее укрепится в своих исходных убеждениях. Мы лелеем наши убеждения и ревностно защищаем их от внешних угроз.

Наша потребность оправдывать собственные убеждения в итоге драматически влияет на саму природу этих убеждений. Социопсихологи Кэрол Теврис и Эллиот Аронсон говорят о «пирамиде выбора». Представьте себе двоих людей с почти идентичными убеждениями, каждому из которых требуется принять решение. Первый решает пойти одним путём, а второй — другим, хотя сначала и второй склонялся к первому варианту. Затем неизбежно каждый из них пытается убедить себя, что его выбор был верным. Оба оправдывают свои поступки и начинают думать, что выбора у них практически не было. В конце концов оба этих человека, начинавшие путь практически из одной точки, оказываются на

противоположных краях того или иного спектра убеждений и зачастую защищают свою позицию с невероятным пылом. По словам Теврис и Аронсон, «именно те люди, которые *почти* согласились жить в стеклянном доме, первыми начинают кидать камни».

* * *

Мы столкнулись с такой проблемой: убеждения, которые мы принимаем, формируются под влиянием уже имеющихся у нас убеждений не в меньшей (если не в большей) степени, чем в зависимости от их соответствия окружающей реальности.

Как защититься от самоподкрепляющейся иррациональности? Идеального средства не существует, но есть одна стратегия. Зная о существовании когнитивных искажений, мы можем учитывать этот факт, занимаясь байесовским выводом. Вы хотите, чтобы что-нибудь оказалось правдой? В таком случае при присваивании субъективных вероятностей этот фактор должен *понижать* субъективную вероятность, а не повышать её. Новые достоверные факты кажутся вам несовместимыми с вашей картиной мира? Нужно *дополнительно* их обдумать, а не отбрасывать.

Возможно, рационалистическая утопия и недостижима для несовершенного человека, но мы можем к ней стремиться. Роберт Ауман, израильско-американский математик, один из нобелевских лауреатов но экономике 2005 года, смог доказать удивительную математическую теорему: если два человека действуют рационально и исходят из одинаковых байесовских априорных субъективных вероятностей относительно своих убеждений, обладая при этом одинаковым доступом к информации и, в частности, зная то, что известно другому, то они *не могут прийти к разным* апостериорным вероятностям после уточнения своих взглядов. Можно подумать, что люди могут исходить из одинаковых априорных субъективных вероятностей, однако по-разному оценивать степень достоверности получаемых наблюдений, но теорема Аумана доказывает невозможность этого при условии, что оба обладают общим «багажом знаний», то есть каждый знает всё, что известно другому (а также знает, что напарник в курсе этого).

Кажется, что «теорема о согласии» Аумана слишком хороша, чтобы быть правдой, отчасти потому, что она плохо согласуется с тем, как привыкли поступать люди. В реальном мире люди не полностью рациональны, не обладают общими знаниями, неверно понимают друг друга и определённо исходят из разных априорных субъективных вероятностей. Но она позволяет надеяться, что, если как следует потрудиться, можно прийти к общему мнению даже по очень острым

проблемам. Даже самые полярные исходные субъективные вероятности рано или поздно выравниваются в процессе их уточнения с учётом новых получаемых данных. Если мы постараемся быть максимально честными с другими и с собой, то можем надеяться, что когда-нибудь наши планеты убеждений окажутся на схожих орбитах.

Глава 15
Соглашаясь с неопределённостью

Допустим, вы хотите указать учёному его место, заставить его немного понервничать. Вот как легко это сделать. Он утверждает, что по его твёрдому научному убеждению нечто верно, а вы его и спрашиваете: «А вы в самом деле можете это *доказать*?». Если ваш собеседник — хороший учёный, но не искушён в социальных контактах, весьма вероятно, что он смешается и запнётся, не в силах дать однозначный ответ. Наука никогда ничего не доказывает.

Многое зависит от того, что мы понимаем под «доказательством». Зачастую учёные имеют в виду такие доказательства, с которыми мы встречаемся в курсе математики или логики: строгая демонстрация истинности посылки, начинающаяся с тех или иных чётко сформулированных аксиом. Такая трактовка имеет важные отличия от «доказательства» в обыденном смысле; подобное бытовое представление о доказательстве ближе к «достаточному основанию верить в истинность чего-либо».

В суде, цель которого — точный вердикт, но не объективно недостижимая метафизическая уверенность, открыто признаётся пластичность доказательств, и в зависимости от конкретного случая к ним применяются различные стандарты. Для выигрыша дела в гражданском суде требуется, чтобы перевес доказательств был в вашу пользу. В некоторых административных судах требуются «чёткие и убедительные свидетельства». А в уголовном суде обвиняемый не будет признан виновным, если его вина не будет доказана «вне пределов для разумного сомнения».

Всё это ничуть не заинтересует математика: первым делом он задумается о необоснованных сомнениях. Учёные, которым обычно приходилось слушать те или иные математические курсы, обычно понимают «доказательство» чего-либо схожим образом — причём зарабатывают на жизнь они отнюдь не доказательствами. Итак, если учёный говорит: «Планета разогревается под действием антропогенных факторов», или «Возраст Вселенной исчисляется миллиардами лет», или «В Большом адронном коллайдере не может образоваться чёрная дыра, которая всосала бы всю Землю», то вам стоит всего лишь задать невинный вопрос: «А вы можете это доказать?». Как только учёный замнётся, вы

одерживаете риторическую победу. (Тем самым вы не сделаете мир лучше, но это ваше решение.)

* * *

Давайте рассмотрим эту разницу подробнее. Есть математическая теорема: не существует наибольшего простого числа (простыми называются целые числа, каждое из которых делится без остатка только на единицу или само на себя). Вот её доказательство:

Рассмотрим множество всех простых чисел {2, 3, 5, 7, 11, 13 ...}. Предположим, что существует наибольшее простое число *p*. В таком случае количество простых чисел конечно. Теперь рассмотрим число *X*, которое мы получаем, перемножив все числа из нашего списка (взяв каждое по одному разу) и прибавив к результату единицу. В таком случае *X*, очевидно, будет больше любого числа из нашего списка. Но оно не делится нацело ни на одно из чисел нашего списка, в любом случае получается остаток 1. Таким образом, число *X* либо должно быть простым, либо должно делиться на простое число, большее, чем любое число из нашего списка. Так или иначе, должно существовать простое число, большее чем *p*, а значит, мы пришли к противоречию. Следовательно, наибольшего простого числа не существует.

Вот научное убеждение: общая теория относительности Эйнштейна адекватно описывает природу тяготения, как минимум в масштабах Солнечной системы и как минимум с очень высокой точностью. Вот его доказательство.

Общая теория относительности включает как принцип относительности (положение и скорость объекта можно измерить только относительно другого объекта), так и принцип эквивалентности (в небольших областях пространства тяготение неотличимо от ускорения), причём оба этих принципа были проверены и подтверждены с очень высокой точностью. Эйнштейновское уравнение общей теории относительности — это простейшее нетривиальное динамическое тождество, описывающее кривизну пространства–времени. Общая теория относительности объясняет явление, ранее считавшееся аномальным, — прецессию Меркурия — и позволила спрогнозировать несколько новых явлений, в частности отклонение света Солнцем и гравитационное красное смещение; эти явления были с успехом измерены. Благодаря более точным измерениям, выполняемым со спутников, удаётся уточнять все новые явления, которые, казалось бы, не вписывались в теорию относительности. Без учёта эффектов общей теории относительности система глобального позиционирования (GPS) быстро бы вышла из строя, а с учётом

релятивистских поправок она работает превосходно. Любые известные альтернативы сложнее общей теории относительности либо требуют привнесения новых свободных параметров, которые приходится тонко подстраивать под эксперимент, чтобы избежать противоречий. Более того, можно исходить из идеи безмассовых частиц-гравитонов, способных взаимодействовать с любыми источниками энергии, и показать, что лишь полная версия такой теории приводит нас к общей теории относительности и уравнению Эйнштейна. Хотя эта теория не вполне согласуется с квантовомеханическим аппаратом, ожидается, что в современных экспериментах квантовые эффекты будут пренебрежимыми. В частности, предполагается, что квантовые поправки к тождеству Эйнштейна будут настолько малы, что их просто невозможно будет заметить.

В данном случае важны не отдельные детали, а сама природа метода, лежащего в основе таких доказательств. Математическое доказательство безупречно, оно всего лишь развивается в соответствии с законами логики. Имея посылки, мы неизбежно приходим к выводу.

Доказательство в пользу общей теории относительности — научное, а не математическое — имеет принципиально иной характер. Это абдукция: проверка гипотезы, сбор всё более и более убедительных фактов, поиск наилучшего объяснения феноменов. В данном случае мы выдвигаем гипотезу: гравитация есть искривление пространства–времени, описываемое тождеством Эйнштейна, — а затем пытаемся проверить эту гипотезу или опровергнуть её, одновременно продолжая искать альтернативные гипотезы. Если проверки становятся всё более и более точными, а при поиске альтернатив у гипотезы не появляется достойных конкурентов, то мы постепенно приходим к выводу, что гипотеза «верна». Нет чёткой, заметной линии, после пересечения которой идея превращается из «просто теории» в «доказанную теорию». Когда учёные наблюдали отклонение звёздного света во время полного солнечного затмения, в точном соответствии с прогнозом Эйнштейна, это не доказало его правоты; просто появились новые доказательства в пользу его теории.

Неотъемлемая черта данного процесса заключается в том, что такие выводы не являются неизбежными. Вполне можно представить себе мир, где была бы разработана эмпирически корректная теория тяготения, однако она была бы сложнее эйнштейновской. Возможен такой мир, в котором хватило бы и ньютоновской теории. Выбор альтернатив связан не с доказательством или опровержением, а со сбором фактов, пока остаются обоснованные сомнения; при этом субъективные вероятности уточняются в соответствии с байесовскими правилами. В этом заключается

фундаментальное различие между знаниями, которые нам даёт математика/логика/чистый рассудок, и научными знаниями. Математические и логические истины будут верны в любом возможном мире; те факты, которые мы узнали при помощи науки, верны в нашем мире, но в другом могут не подтвердиться. Самые интересные вещи, которые можно узнать, — пожалуй, не те, которые когда-либо удастся «доказать» в строгом смысле этого слова.

Даже если мы доверяем теории и она не вызывает у нас никаких разумных сомнений, мы всё равно понимаем, что эта теория есть приближение. Она, наверное (или наверняка), где-нибудь откажет. Возможно, существует какое-то совершенно новое, скрытое поле, которое мы пока не открыли, но под действием которого сила тяготения проявляется чуть иначе, нежели следует из теории Эйнштейна. Нечто подобное определённо начинает просматриваться, когда мы переходим к квантовым масштабам; никто не считает, что общая теория относительности — действительно последнее слово в изучении гравитации. Однако ничто из этого не отменяет той неоспоримой истины, что общая теория относительности «верна» в конкретных, хорошо известных пределах. Если мы придём к более полному пониманию этих явлений, то современная теория будет считаться частным случаем более общей картины.

* * *

Эти свойства науки — своеобразное собирание знаний, в котором мы относительно хорошо разбираемся, — применяются более широко. В принципе признаётся, что знания, как и почти всё в жизни, несовершенны. Под впечатлением строгих геометрических доказательств Декарт хотел подвести абсолютно надёжные, незыблемые основы под наши представления о мире. Но мир знаний попросту устроен иначе.

Вспомним о теореме Байеса: субъективная вероятность, которую мы присваиваем идее после выяснения какой-либо новой информации, — это априорная вероятность, с которой мы начинали оценивать эту идею, умноженная на вероятность получения упомянутой новой информации при условии, что наша идея верна. На первый взгляд, кажется, что достичь абсолютной определённости несложно: если, согласно какой-либо идее, вероятность определённого исхода в точности равна нулю, а мы всё-таки наблюдаем этот исход, то субъективная вероятность данной идеи для нас обнуляется.

Однако будь мы по-настоящему скрупулёзны, мы бы и не подумали, что вероятность получить определённый результат в точности равна нулю.

Можно подумать: «В соответствии со специальной теорией относительности ни одна частица не может развить сверхсветовую скорость, поэтому если специальная теория относительности верна, то я совершенно точно не встречу частицу, которая бы летела быстрее света». Проблема в том, что ваши наблюдения всегда могут оказаться ошибочными. Может быть, вам показалось, что вы наблюдали частицу, развившую сверхсветовую скорость, — а на самом деле это была ошибка оборудования. Это возможно всегда, независимо от того, как вы аккуратны. Всегда следует допускать ненулевую вероятность абсолютно любого наблюдения в рамках абсолютно любой теории.

В результате наши субъективные вероятности никогда не будут стремиться к нулю, как и к 100%, поскольку всегда остаются контрварианты. Хорошо, что субъективные вероятности никогда не достигают ни первого, ни второго абсолютного значения; если бы такое происходило, то наша точка зрения оставалась бы неизменной независимо от объёма новой информации. Так жить нельзя.

* * *

Конечно, всегда найдутся несогласные. Возможно, вы слышали о длительном диспуте, посвящённом взаимоотношениям «веры» и «разума». Некоторые считают, что вера и разум находятся в полной гармонии друг с другом, и действительно, истории известно множество выдающихся учёных и мыслителей, которые были людьми глубоко верующими. Другие считают, что сам феномен веры враждебен рационализму.

Дискуссия осложняется из-за того, что существует множество несовместимых трактовок понятия «вера». В словаре «вера» может толковаться как «доверие» или «уверенность» в убеждении, но далее будет предложено толкование в смысле «вера, не требующая доказательств». В Новом Завете (Евр. 11:1) сказано: «Вера же есть осуществление ожидаемого и уверенность в невидимом». Для многих вера — это просто глубокое убеждение в своих религиозных взглядах.

Слово «вера» очень ёмкое, и здесь не стоит обсуждать, какой именно смысл оно несёт. Давайте просто отметим, что иногда вера воспринимается как нечто абсолютно бесспорное. Рассмотрим следующие тезисы из катехизиса католической церкви.

• Верующие послушно принимают наставления и указания, которые в разных формах дают им пастыри.

• Послушание в вере означает свободное подчинение услышанному слову, ибо истинность его гарантирована Богом, который есть сама Истина. Авраам является образцом того послушания, которое предлагает нам

Священное Писание. Приснодева Мария есть наиболее совершенное его воплощение.

• Вера более конкретна, чем любое человеческое знание, ибо она основана на самом слове Божием, которое не может солгать.

Я выступаю именно против такого утверждения — о том, что существует бесспорное знание, которое мы должны послушно принимать, которому должны подчиняться. Такого знания не существует. Мы всегда можем ошибаться, и один из важнейших признаков успешной стратегии познания мира заключается в том, что мы должны постоянно проверять предпосылки, признавать возможность ошибки и стараться улучшить эту стратегию. Все мы хотим жить на устойчивой планете убеждений, где различные аспекты мировоззрения гармонично согласуются друг с другом; но мы бы не хотели, чтобы нас засосало в чёрную дыру веры, где наши убеждения станут настолько сильными, что освободиться от них мы уже не сможем независимо от того, какие новые факты или информация могут выясниться.

Иногда говорят, что даже наука основана на своеобразной «вере» — например, это вера в надёжность имеющихся экспериментальных данных или в существование нерушимых физических законов. Это не так. Занимаясь наукой, мы, конечно же, выдвигаем *предположения* — считаем, что органы чувств дают нам в принципе верную информацию об окружающем мире, что более простые объяснения предпочтительнее более сложных, что мы не мозги в колбах и т. д. Однако мы не «верим» в эти предположения; пусть они и входят в состав нашей планеты убеждений, они постоянно могут пересматриваться, уточняться и даже, если это необходимо, просто отвергаться. Наука по природе своей должна быть абсолютно открыта для изучения фактического мироустройства, и это означает, что мы должны быть готовы отказаться от любой идеи, которая стала бесполезна, независимо от того, какой излюбленной и центральной она когда-то могла казаться.

* * *

Поскольку мы должны оставлять ненулевую субъективную вероятность для идей, которые могут показаться маловероятными или даже безумными, становится важно отличать «знание» от «знания, абсолютно достоверного с логической точки зрения». Если мы присваиваем какой-либо посылке субъективную вероятность 0,0000000001, то мы не абсолютно уверены в её ложности, но вполне можем действовать так, как будто она ложна и мы об этом знаем.

В 2008 году, когда в Женеве был запущен ускоритель частиц Большой

адронный коллайдер, поднялась шумиха — её раздували люди, слышавшие, что в таком устройстве могут образовываться чёрные дыры, способные уничтожить Землю и всю жизнь на ней. Разумеется, физики уверяли, что такое событие крайне маловероятно. Но они не могли *доказать*, что этого не произойдёт. Учитывая же возможность столь катастрофических последствий, стоило ли вообще рисковать, независимо от предполагаемой маловероятности такого результата?

Ответить людям можно было, например, так. Допустим, вы приходите вечером домой и хотите сварить макароны на ужин. Однако, прежде чем откупорить баночку с соусом, задумайтесь: что, если в этой баночке произошла жуткая мутация, и стоит мне её открыть, как смертельно опасный микроб вырвется наружу, распространится по всему миру и уничтожит всё живое? Разумеется, это было бы плохо, и разумеется, всё это представляется очень маловероятным. Но вы не можете *доказать*, что этого не произойдёт. Всегда сохраняется шанс, пусть и очень небольшой.

Выход — признать, что некоторые субъективные вероятности настолько несущественны, что их не стоит воспринимать всерьёз. Целесообразно действовать так, как если бы мы были уверены в невозможности таких исходов.

Итак, мы понимаем «я верю в *x*» не как «я могу доказать истинность *x*», а как «я считаю, что было бы контрпродуктивно тратить какое-либо время и усилия на оспаривание *x*». Мы можем собрать такое количество фактов в пользу теории, что упорный скептицизм относительно неё превратится из «разумной осторожности» в «маразм». Всегда следует быть готовым откорректировать свои убеждения, если выяснятся новые факты, но в некоторых случаях подобные факты должны быть столь ошеломляюще убедительны, что не стоит тратить силы и выискивать их.

Мы должны довольствоваться не абсолютными доказательствами чего-либо, а высокой степенью уверенности в определённых вещах и значительной неуверенностью в других. Это максимум, на что мы можем надеяться и принимать устройство окружающего мира за чистую монету. Жизнь коротка, а абсолютная уверенность недостижима.

Глава 16
Что мы можем знать о мире, не наблюдая его непосредственно?

Наша наиболее ощутимая и верифицируемая связь с окружающим миром — это связь через органы чувств. Мы видим предметы, прикасаемся к ним, получаем какое-то представление о них. Но иногда кажется, что мы воспринимаем реальность на более глубоком уровне, без посредничества наших чувств. Как учесть подобный опыт, пытаясь понять общую картину?

Будучи впервые в Лондоне, я как-то вечером, выйдя прогуляться, заметил плакат с рекламой концерта в церкви Сент-Мартин-Ин-Зе-Филдз, что близ Трафальгарской площади. Это место особенно знаменито в кругах любителей классической музыки, но в тот вечер церковь приглянулась мне прежде всего потому, что располагалась неподалёку, а концерт казался своеобразным «культурным обогащением», к которому так стремятся молодые люди, бывающие за границей.

Однако концерт оказался гораздо интереснее. Он проводился при свечах: никакого электричества, обширный неф озаряло мягкое сияние сотен трепещущих огоньков. Музыканты исполняли отрывки из произведений Баха и Гайдна, глубокая музыка эхом отдавалась в полутьме. Завернувшиеся в плащи зрители — и местные, и туристы — были участниками этого события, а также огромного пласта истории — музыкальной, архитектурной, священной. Своды напоминали ночное небо, а музыкальная каденция — ритм человеческого дыхания и биения сердец. Возможно, для завсегдатаев таких концертов это был просто ещё один приятный вечерний выход, но я пережил трансцендентный опыт.

Слово «трансцендентный» (от латинского *transcendere* — переходить, преодолевать) характеризует опыт, который, казалось бы, выходит за рамки обыденной физической реальности. Такой эпитет применим к самым разным ситуациям. Например, трансцендентность наступает при непосредственном духовном контакте с божественным. Христиане могут связывать это с явлением Святого Духа, а индуисты или буддисты — с выходом из материального мира в более возвышенную духовную реальность. Человек может достичь трансценденции путём молитвы, медитации, уединения или даже при помощи психотропных препаратов, таких как айяуаска или ЛСД. Возможно, всё дело лишь в том, что твоё «я»

растворяется в особенно трогательной музыке или в любви близких.

Многие из нас переживали такой опыт, хотя и существуют споры о том, чей опыт можно считать «истинно» трансцендентным. Это может быть важно при самоосознании, может помогать нам достичь умиротворения или радости и даже облегчать принятие важных решений. В данном контексте нас интересует, что сообщает нам трансцендентный опыт об устройстве мира. Обусловлен ли такой опыт взаимодействиями атомов и нейронов в нашем мозге, либо мы должны расценивать такие моменты как свидетельства контакта со сверхъестественным миром, чем-то поистине внефизическим? Иными словами, что трансценденция может нам поведать об онтологии?

За этими вопросами скрывается ещё более масштабная проблема. Научный прогресс достигается при помощи наблюдений и экспериментов: мы формулируем гипотезы о том, как устроен мир, а затем проверяем их, собирая информацию и делая соответствующие байесовские уточнения. Однако *только ли* таким способом мы познаём мир? Мыслимо ли, что мы можем приобрести знания о реальности иным методом, кроме научного, то есть не прибегая к проверке гипотез и сбору данных? Разумеется, на протяжении истории люди считали, что знания приобретаются через откровение, при помощи духовных практик и другими неэмпирическими методами. Эту возможность необходимо воспринимать всерьёз.

* * *

Наука, даже в широком смысле, — определённо не единственный способ приобретения новых знаний. Очевидные альтернативы — математика и логика.

Хотя во многих школьных учебных планах математику относят к одной категории с естественными науками — и математику с этими науками определённо роднят близкие и взаимно благотворные отношения, — по сути это совершенно разные области знания. Вся математика — это доказательство феноменов, но математические феномены не являются реальными фактами из окружающего мира. Это следствия, вытекающие из различных гипотез. Математическое доказательство демонстрирует, что, *имея* определённый набор предположений (например, аксиом евклидовой геометрии или теории чисел), из них однозначно можно вывести определённые утверждения (например, что сумма углов треугольника составляет 180 градусов или что наибольшего простого числа не существует). В таком смысле логику и математику можно считать разными гранями одной и той же базовой стратегии. В логике, как и в математике, мы исходим из аксиом и получаем результаты, которые неизбежно из них

следуют. Хотя неформально мы именуем логикой отдельно взятый набор результатов, на самом деле логика — это процесс получения выводов на основе аксиом. Возможны разные наборы аксиом, которые могут приводить нас к логическим выводам, точно так же, как различаются наборы аксиом в геометрии или теории чисел.

Утверждения, которые можно доказать исходя из явно сформулированных аксиом, называются *теоремами*. Однако под теоремой подразумевается не «нечто истинное», а лишь «нечто, однозначно следующее из сформулированных аксиом». Чтобы доказательство теоремы оказалось верным, также требуется, чтобы были верны сами аксиомы. Так бывает не всегда; евклидова геометрия — это изумительный свод математических результатов, она, бесспорно, полезна во многих реальных ситуациях, но Эйнштейн показал, что фактическая геометрия нашего мира подчиняется более общему набору аксиом, предложенных Бернхардом Риманом в XIX веке.

Можно описать различие между математикой и естественными науками на примере возможных миров. Математика работает с истинами, которые подтверждались бы в любом возможном мире: из этих аксиом выводятся именно эти теоремы. Все естественные науки посвящены исследованию *реального* мира, в котором мы живём. Практикующие учёные иногда действительно прибегают к рассмотрению несуществующих миров (например, таких, где отсутствует трение, где пространство содержит иное число измерений), чтобы проверить интуитивные догадки, но с учётом всех возможных миров нас в конечном счёте интересует именно реальный мир. Среди возможных миров есть плоские, где верны аксиомы Евклида, а также миры с искривлённым пространством, где эти аксиомы не подтверждаются; но в любом возможном мире аксиомы евклидовой геометрии подразумевают, что сумма внутренних углов треугольника равна 180 градусам.

Наука выделяет наш мир из бесконечного множества всех возможных миров, причём делает это предельно чётким способом: наблюдает за ним. Наука оперирует наблюдениями и экспериментами, собирает данные и использует их, повышая наше субъективное доверие к полезным, объясняющим теориям.

* * *

Иногда говорят, что наука развивается в духе *методологического натурализма*: рассматриваются лишь те объяснения, которые основаны на законах естественного мира, а все возможные вмешательства сверхъестественных феноменов сразу отметаются. Такую характеристику

используют даже сторонники науки, отчасти из политических и стратегических соображений. В США давно идут ожесточённые споры о преподавании креационизма (биологические виды были сотворены Богом) в качестве альтернативы дарвиновской теории естественного отбора. Подход под названием «разумный замысел» продвигался как «научная» версия креационизма; предполагалось, что в таком случае его можно будет преподавать как естественнонаучную, а не как религиозную дисциплину. Оппоненты креационизма иногда отвергали такие аргументы, апеллируя к принципу методологического натурализма; по их мнению, поскольку «разумный замысел» содержит отсылку к сверхъестественному создателю, эта теория автоматически становится ненаучной. В издании столь авторитетной организации, как Национальная академия наук США, написано:

Поскольку наука может объяснять естественный мир лишь на уровне естественных процессов, в этих объяснениях не допускается сверхъестественная обусловленность. Аналогично наука не может делать каких-либо утверждений, связанных со сверхъестественными силами, так как они находятся за рамками науки.

Всё не вполне так. Науку интересует выяснение *истины*, какой бы она ни была — естественной, сверхъестественной или иной. Позиция под названием «методологический натурализм», пусть и была выработана сторонниками науки с самыми благими намерениями, сводится к преждевременному подразумеванию значительной части ответа. Если наша цель — поиск истины, то такое подразумевание — одна из самых больших ошибок, которые нам угрожают.

К счастью, такая характеристика науки также является неточной. Науке присущ не методологический натурализм, а методологический *эмпиризм* — идея о том, что знания приобретаются путём исследования мира, а не только умозрительно. Наука — это практика, а не набор заключений. В рамках этой практики мы представляем всевозможные варианты устройства мира (теории, модели, способы рассуждения), а затем приступаем к максимально тщательному наблюдению за миром.

Эта широкая характеристика распространяется не только на типичные естественные науки (такие, как геология или химия), но и на социальные (психология и экономика) и даже на историю. Подобная трактовка вполне точно описывает, как многие люди добывают знания о мире, пусть она и не слишком систематическая. Тем не менее науку не следует просто приравнивать к «разуму» или «рациональности». Математика и логика не относятся к естественным наукам, равно как не являются наукой и

оценочные категории, такие как эстетика или мораль. Цель науки проста: определить, каков мир на самом деле. Мир не может быть «бесконечно разнообразен», равно как не может основываться всего на одном принципе. Он таков, каков он есть.

Научная практика никоим образом не отметает сверхъестественных явлений «с порога». Наука стремится найти наилучшие объяснения всему, что мы наблюдаем, и если наилучшее объяснение будет сверхъестественным, то наука приведёт нас к нему. Вполне можно представить себе ситуацию, в которой наилучшее объяснение, найденное учёными, будет выходить за рамки естественного мира. Могло бы произойти Второе пришествие, Иисус мог бы вернуться на Землю, мёртвые могли бы быть воскрешены и мог бы быть проведён Страшный суд. Действительно, в такой ситуации, когда все эти явления можно было бы воспринимать как чувственный опыт, лишь очень немногие учёные продолжали бы упрямо настаивать, что наука должна рассматривать лишь естественные объяснения.

Связь между наукой и натурализмом заключается не в том, что наука *предполагает* натурализм; дело в том, что наука пришла к предварительному *выводу* о том, что натурализм — наилучшая картина мира, которая есть у нас в распоряжении. Мы выкладываем все онтологии, какие можем себе представить, присваиваем им априорные субъективные вероятности, собираем максимально исчерпывающую информацию и соответственно уточняем значения вероятности. В итоге обнаруживаем, что натурализм наилучшим образом объясняет имеющиеся у нас факты, поэтому присваиваем ему максимальную вероятность. Могут выясниться новые факты, которые в будущем потребуют пересмотреть эти вероятности, но в настоящее время натурализм значительно выигрывает у всех альтернатив.

* * *

Наука придерживается стратегии эмпиризма — познаёт мир, наблюдая его. Существует противоборствующая традиция — *рационализм*, идея о том, что можно добывать истинные знания о мире не только при помощи чувственного опыта.

«Рационализм» кажется хорошей идеей: кто откажется быть рациональным? Однако в данном случае это слово означает познание мира чисто рассудочным образом, вообще не прибегая к наблюдениям. Рационализм может реализовываться несколькими способами: мы можем располагать врождёнными знаниями, можем размышлять о природе вещей на основании непреложных метафизических принципов, либо мы могли бы

приходить к озарению духовными или другими нефизическими способами. При внимательном рассмотрении оказывается, что ни один из этих способов познания мира не отличается надёжностью.

Никто из нас при рождении не является «табула раса». У нас есть интуиция, инстинкты, врождённая эвристика, позволяющая ориентироваться в окружающей среде; всё это развилось в течение длительной эволюции — или, как верят некоторые, было привито нам Богом. Ошибочно считать любую подобную врождённую идею «знанием». Некоторые из них могут быть верными, но как нам об этом узнать? Не менее верно, что некоторые наши инстинкты, связанные с окружающим миром, зачастую оказываются ложными. Мы могли бы доверять любым предположительно врождённым идеям лишь по одной веской причине — если они подтвердятся на опыте.

Схожий путь к рационализму основан на том, что в основе мира лежит какой-то разумный или логический порядок и, исходя из этого порядка, можно вычленить априорные принципы, которые просто обязаны быть верны и их просто не требуется проверять путём сбора данных. Примеры таких принципов — «у всякого следствия есть причина» или «ничего не возникает из ничего». В частности, к такой точке зрения нас подталкивает то, что мы способны абстрагироваться от частностей, наблюдаемых в мире, и рассматривать закономерности, которые применяются более широко. Если бы мы мыслили дедуктивно, как математик или логик, то сказали бы, что любого набора фактов недостаточно для вывода общего принципа, поскольку уже следующий факт может противоречить этому принципу. Тем не менее мы всё время выводим принципы именно так. Поэтому некоторые мыслители, например Готтфрид Вильгельм Лейбниц, предполагали, что мы, должно быть, неявно опираемся на какую-то врождённую интуицию о природе вещей.

Возможно, так оно и есть. Наилучший способ проверить это убеждение — соотнести его с имеющимися данными и соответствующим образом уточнить субъективную вероятность.

* * *

Жан Кальвин, влиятельный богослов эпохи Реформации, полагал, что человеку присуще свойство под названием *«sensus divinitatis»*, способность к непосредственному постижению Бога. В наше время эту идею развивает теолог Алвин Плантинга, полагающий, что такой способностью обладают все люди, но у атеистов она нарушена или латентна.

Возможно ли, что Бог существует и общается с людьми неким способом, неуловимым для наших органов чувств? Абсолютно возможно.

Как справедливо указывает Плантинга, *если* теизм верен, то было бы совершенно разумно полагать, что Бог внедрил знание о своём существовании непосредственно в каждого человека. Если мы уже убеждены, что Бог существует и заботится о нас, то вполне логично полагать, что можно узнать о Боге внечувственными методами, например через молитву и созерцание. С учётом таких предположений теизм и данный вариант рационализма могут входить в состав полностью когерентной планеты убеждений.

Однако такая формулировка не позволяет нам определить, верен ли теизм на самом деле. У нас есть две конкурирующие версии. Возможно, Бог существует и трансцендентный опыт представляет собой (как минимум отчасти) те моменты, в которые мы приближаемся к божеству. Второй вариант — натурализм, который объясняет подобные переживания точно так же, как грёзы, галлюцинации или другие впечатления, представляющие собой комбинацию чувственного опыта и внутреннего функционала человеческого мозга. Чтобы выбрать одну из этих версий, нужно решить, какая из них лучше согласуется с другими нашими представлениями о мире.

Внутренний личный духовный опыт мог бы считаться веским доказательством против натурализма, если бы можно было продемонстрировать, что такие ментальные состояния — чувство прикосновения к чему-то великому, пребывания вне собственного тела, развоплощения его границ, общение с бесплотными духами, причастность к своеобразному космическому ликованию — не объяснялись бы или не могли быть объяснены обычными материальными причинами. Этот вопрос, как и многие другие вопросы, связанные с сознанием и восприятием, пока остаётся открытым, однако накапливается всё более серьёзный массив результатов исследований, которые позволяют проследить прямую связь между якобы духовным опытом и биохимическими процессами в мозге.

Писатель Олдос Хаксли описывает в научно-популярной книге «Двери восприятия» свои опыты с психоактивным препаратом мескалином и, в частности, рассказывает о «сакраментальных видениях». Подобные наркотики, например пейот и айяуаска, издавна использовались в духовных практиках, особенно в индейских культурах. Схожие эффекты были отмечены при употреблении ЛСД и псилобицина (волшебных грибов). Хаксли чувствовал, что мескалин обостряет его сознание, сбрасывает фильтры, не позволяющие разуму прийти к великому просветлению. Он неоднократно возвращался к психоделикам в течение жизни, в том числе и на смертном одре, когда попросил жену Лауру вколоть ему ЛСД, чтобы

облегчить жуткую боль, которую вызывал рак гортани. Впоследствии Лаура сообщала, что лечащие врачи никогда не встречали пациента с таким видом рака, который расстался бы с жизнью почти без страданий и боли, так как обычно агония в таких случаях сопровождается сильными конвульсиями.

Последние нейрофизиологические исследования подсказывают, что Хаксли, возможно, верно подмечал «фильтрующий» эффект мескалина. Принято считать, что психоделические препараты вызывают видения и обостряют ощущения, но Робин Кархарт-Харрис и Дэвид Натт в своей работе использовали функциональную магнитно-резонансную томографию (фМРТ), чтобы доказать, что на самом деле эти препараты подавляют нервную деятельность в тех отделах мозга, которые действуют как фильтры. Оказывается, некоторые зоны нашего мозга постоянно «кишат» образами и ощущениями, тогда как другие зоны подавляют их активность, чтобы мы сохраняли целостное ощущение собственного «я». Детали этого механизма пока не изучены, но существуют признаки, что некоторые галлюциногены способствуют активации определённого рецептора серотонина — нейромедиатора, отвечающего за регуляцию настроения. Получается, что психоделики не порождают новые галлюцинации, а просто позволяют нам сознательно переживать образы, уже гуляющие у нас в голове.

Это исследование не даёт никаких доказательств того, что видения и ощущения *также* могут проистекать из непосредственного контакта с духовной реальностью. Возможно, некоторые наркотики просто приводят к тем же эффектам, что и подлинные трансцендентные переживания, что не позволяет нам отмахнуться от этих переживаний. Возможно, действительно приём наркотиков или непосредственное физическое воздействие на мозг могут настроить нас на такие переживания и позволят войти в контакт с более обширной реальностью. С другой стороны, могут существовать простые и красивые объяснения трансцендентного опыта, вообще никак не связанные со сверхъестественным миром.

Учитывая глубокую и предельно интимную природу молитвы, медитации и созерцания, может показаться, что постыдно или уничижительно связывать их с психоделикой, нервной деятельностью или вообще с какими-либо бесстрастными научными исследованиями. Однако если мы намерены отправиться в путь, который приведёт нас к наилучшему возможному пониманию мира, и готовы проявить должную интеллектуальную честность, то мы должны постоянно проверять наши убеждения, рассматривать альтернативы и сравнивать их с наилучшими

доказательствами, которые можем собрать. Возможно, что трансцендентные переживания возникают при прямом контакте с высшим уровнем реальности, но проверить эту идею можно только одним способом: соотнести её с известными фактами о мире, которые мы узнали, наблюдая за ним.

Глава 17
Кто я?

Вся наша дискуссия об эмерджентности, пересекающихся лексиконах и областях применения — не просто сухая философия. Она подводит нас к самой сути нашей природы.

Рассмотрим проблему, играющую центральную роль в нашей «я-концепции»: пол и сексуальность. В то самое время, пока я пишу эти слова, в разных обществах во всём мире восприятие этой проблемы головокружительно изменяется. Один из признаков — меняющийся статус однополых браков. В 1996 году в США подавляющим большинством голосов был принят Закон о защите брака, где «брак» определялся как «союз одного мужчины и одной женщины». Юридический комитет Палаты представителей подтвердил, что закон должен был «выразить моральное осуждение гомосексуальности». В 2013 году Верховный суд признал такую формулировку неконституционной, поэтому федеральному правительству пришлось признать однополые браки, после чего этот вопрос должен был быть рассмотрен отдельно в каждом штате. Два года спустя Верховный суд постановил, что запрет такой практики в отдельных штатах является неконституционным, фактически легализовав однополые браки во всей стране. Так США последовали примеру Канады, Бразилии, большей части Европы и других стран, уже узаконивших однополые браки. В то же время во многих странах за гомосексуальные отношения по-прежнему грозит тюремное заключение и даже смертная казнь.

Если брак — неоднозначная проблема, то вопрос половой идентификации стоит ещё острее. По мере того как общественные нормы меняются, всё больше людей считают, что их гендерная принадлежность не совпадает с биологическим полом, и предпочитают признать этот аспект собственного «я», а не скрывать его и не пытаться подавить. Некоторые трансгендеры решаются на медицинское вмешательство, чтобы изменить своё анатомическое строение, другие этого не делают; так или иначе, их психологическое самоотнесение к тому полу, с которым они себя идентифицируют, может быть не менее выраженным, чем у «цисгендеров» — людей, чья гендерная идентичность совпадает с биологическим полом. Трудно забыть тот момент, когда ваша подруга, которую вы годами знали как женщину, говоря «она» и «ей», попросит, чтобы теперь вы считали её мужчиной и говорили «он» и «ему».

Когда Бен Барс, профессор нейробиологии из Стэнфордского университета, провёл на конференции блистательный семинар, кто-то из присутствовавших учёных отметил: «Работы Барса гораздо интереснее, чем у его сестры». Правда, никакой сестры у учёного не было — автор реплики на самом деле говорил о самом Барсе, который ранее был женщиной и носил имя Барбара Барс. Работа также была написана ещё Барбарой, просто в изложении мужчины она показалась более впечатляющей. Наше мнение о человеке зависит от того, к какому полу мы его относим.

Независимо от того, либерально ли вы относитесь к таким вещам или являетесь закоренелым традиционалистом, привыкнуть к такому переходу, возможно, будет непросто. Как может человек, которого вы знали (или думали, что знали) как мужчину, вдруг взять и объявить: «Я — женщина»? Это всё равно что однажды решить: «Отныне мой рост будет два с половиной метра». Есть вещи, «решать» о которых невозможно, они просто таковы, каковы есть. Так?

* * *

Наше отношение к людям, которые на нас не похожи, отчасти определяется основными чертами нашей собственной социальной ориентации и мировоззрения. Некоторые люди придерживаются принципа «живи и дай жить другим», то есть являются убеждёнными социал-либералами, подчеркивают, что признают за другими право на самоопределение. Для других более естественно вести себя опасливо или осуждать, неодобрительно относиться к тем поступкам, которые кажутся им нетрадиционными.

Однако в данном случае мы имеем дело не просто с личными предпочтениями, а с более глубоким вопросом онтологии. Какие категории, на наш взгляд, «действительно существуют», играют центральную роль в устройстве мира?

Для многих людей концепции «он» и «она» глубоко укоренены в структуре реальности. Существует естественный порядок вещей, и эти концепции — его неотъемлемая часть. Если элиминативизм — это призыв объявить как можно больше вещей иллюзорными, то его противоположность именуется *эссенциализм*. Эссенциализм — это тенденция считать определённые категории неотъемлемыми составляющими основ реальности. В текущий исторический момент большинство людей — эссенциалисты в гендерных вопросах, но ситуация меняется.

Религиозные доктрины — источник эссенциализма. Обратите внимание на то, как Национальный католический центр биоэтики

характеризует «расстройство гендерной идентичности» (курсив в оригинале).

Человек может быть мужчиной или женщиной, и это абсолютно неизменно... Люди, стремящиеся к таким операциям, явно не приемлют свою *истинную* сущность.

Человек может видоизменить свои гениталии, но не пол. Недостаточно принимать гормоны, принадлежащие противоположному полу, либо удалить гениталии, чтобы изменить пол. Сексуальная идентификация несводима к уровню гормонов или форме гениталий, это объективный факт, коренящийся в самой природе конкретного человека...

Половая идентификация личности не зависит от субъективных убеждений, желаний или чувств. Это функция его или её *природы*. Существуют геометрические данности, на основе которых выводится геометрическое доказательство; так и половая принадлежность является онтологической данностью.

Сложно было бы найти более недвусмысленную декларацию гендерного эссенциализма, согласно которой пол человека — это функция его «природы», часть его «самости».

Не только религия отстаивает такую трактовку. Замечание о «расстройстве гендерной идентичности» как о недуге, диагностируемом у людей, чья сексуальная идентификация не совпадает с их биологическим полом, впервые появилось в Руководстве по диагностике и статистике психических расстройств (справочник Американской психиатрической ассоциации, АПА) в 1980 году. Задолго до этого те дети, которые, по мнению врачей, физически или духовно не соответствовали своему полу, подвергались гормональной терапии или хирургическим операциям. Только в 2013 году официальный диагноз АПА был изменён на формулировку «гендерная дисфория» и стал означать психологическую неудовлетворённость своим полом, а не расхождение с якобы «объективной» половой принадлежностью индивида.

* * *

Поэтический натурализм трактует эти вещи иначе. Категории «мужчина» и «женщина» придуманы людьми — мы используем эти термины, так как они помогают нам при постижении мира. Основа реальности — это квантовая волновая функция или набор частиц и взаимодействий. Всё остальное вторично, это терминологический аппарат, созданный нами для конкретных целей. Следовательно, если у человека две X-хромосомы, но он считает себя мужчиной, то что такого?

Это, однако, не означает, что мы должны просто забыть о полах.

Человек, биологически являющийся мужчиной, но считающий себя женщиной, не думает про себя: «Мужчина и женщина — просто произвольные категории, я могу быть кем захочу». Он думает: «Я женщина». Если люди придумали такую концепцию, это ещё не подразумевает, что она иллюзорна. Абсолютно оправданно и осмысленно говорить «я женщина» или просто знать об этом.

Всё это может напоминать старый постмодернистский лозунг о «социальном конструировании реальности». В некотором смысле это правда. В социуме конструируются наши дискурсы о мире, и если в конкретном дискурсе уместны те или иные концепции, которые хорошо вписываются в картину мира, то эти концепции можно с чистой совестью называть «реальными». Но мы не должны забывать, что основа всего — это единый мир, и не существует смысла, в котором мир можно было бы назвать «социально сконструированным». Мир просто *есть*, мы берёмся открывать его и придумывать словари, при помощи которых будем его описывать.

Люди, считающие трансгендерность нарушением естественного порядка, иногда прибегают к скользкому аргументу: если пол и сексуальность — понятия растяжимые, то что насчёт нашей базовой самоидентификации — ведь мы считаем себя людьми? Или наш *вид* — тоже социальная конструкция?

Действительно, существует расстройство, известное как «видовая дисфория». Она напоминает гендерную дисфорию, но при этом расстройстве человек считает себя особью другого биологического вида. Кто-то может думать, что он просто выглядит как человек, а на самом деле он кот или лошадь. Другие идут ещё дальше и идентифицируют себя с вымышленными существами, например драконами или эльфами.

Даже если человек придерживается относительно свободных взглядов, ему претит подыгрывать, когда он сталкивается со случаями видовой дисфории. «Если поэтический натурализм требует от меня, чтобы я фальшиво поддакивал моему сбрендившему племяннику-подростку, воображающему себя единорогом, — спасибо, не надо, я лучше ретируюсь в мой уютный видовой эссенциализм».

Однако вопрос в том, *полезен* ли конкретный способ рассуждения о мире. Полезность всегда связана с какой-либо целью. Если мы считаем себя учёными, то наша цель — описывать и понимать то, что происходит в мире, а «полезный» означает «адекватно моделирующий определённый аспект реальности». Если нас интересует чьё-либо здоровье, то «полезный» может означать «помогающий понять, как человек мог бы поправить здоровье».

Если мы обсуждаем этику и мораль, то значение слова «полезный» ближе к «позволяющий непротиворечиво систематизировать наши стимулы, связанные с представлением о правильном и неправильном».

Итак, поэтический натурализм не будет автоматически поощрять или порицать кого-либо, считающего себя драконом, или, если уж на то пошло, кого-то, считающего себя мужчиной или женщиной. Он просто помогает нам понять, какие вопросы следует задавать. Какая терминология позволит нам лучше всего понять, как этот человек осмысливает и чувствует себя? Благодаря чему нам удастся понять, как этому человеку стать счастливым и здоровым? Каков наиболее полезный способ концептуализации данной ситуации? Вполне возможно добросовестно обдумать все эти вопросы, а затем заключить: «Прости, Кевин. Ты не единорог».

Реальная жизнь тех людей, чьё самовосприятие расходится с их восприятием в обществе, может превратить их жизнь в сплошное испытание, причём их невзгоды будут глубоко личными. Сколько ни занимайся академическим теоретизированием, их проблемы не решишь одним мановением руки. Но если мы будем упрямо пытаться рассуждать о таких ситуациях, руководствуясь устаревшими онтологиями, то вполне вероятно, что от этого будет больше вреда, чем пользы.

Глава 18
Абдукция Бога

Всем известно, что Фридрих Ницше провозгласил: «Бог умер». Это одно из немногих изречений в истории философии, которое встречается на футболках или наклейках для бамперов. А если вам больше по вкусу саркастические ответы, то можно встретить и такой вариант: «Ницше умер. Бог».

Однако многие люди полагают, что Ницше приветствовал предполагаемый крах Бога, что неточно. Философ, хотя и не отрицал смерти Бога, очень переживал о её последствиях. Знаменитый афоризм фигурирует в краткой притче под названием «Безумный человек», в которой заглавный герой Ницше с криком бежит по рыночной площади, полной неверующих.

Тогда безумец вбежал в толпу и пронзил их своим взглядом. «Где Бог? — воскликнул он. — Я хочу сказать вам это! *Мы его убили* — вы и я!.. Не дышит ли на нас пустое пространство? Не стало ли холоднее? Не наступает ли всё сильнее и больше ночь? Не приходится ли средь бела дня зажигать фонарь? Разве мы не слышим ещё шума могильщиков, погребающих Бога? Разве не доносится до нас запах божественного тления? — и боги истлевают! Бог умер! Бог не воскреснет! И мы его убили!

Ни сам Ницше, ни его вымышленный безумец не рады смерти Бога; они просто хотят разбудить людей и объяснить, что это на самом деле значит.

Начиная с XIX века всё больше и больше людей осознавали, что уютная определённость старого уклада стала рушиться. По мере того как наука вырабатывала целостное представление о природе, которая существует и развивается без всякой внешней поддержки, многие приветствовали триумф человеческого знания. Другие видели тёмную изнанку новой эры.

Наука может помочь нам жить дольше или отправиться к Луне. Но может ли она подсказать, какой жизнью жить, может ли объяснить чувство благоговения, охватывающее нас при созерцании небес? Каковы будут смысл и цель жизни, если нельзя надеяться на богов, которые могли бы нам их дать?

Оказывается, строгие рассуждения о Боге — непростое дело. Бог словно старается скрыть следы своего участия в мироустройстве. Можно

спорить о том, насколько достоверны чудеса, о которых рассказывают, но большинство из нас согласится, что они как минимум случаются редко. Некоторым людям кажется, что они переживают глубокий личный опыт общения с божеством — но подобные доказательства не убедительны ни для кого, кроме самого визионера.

Кроме того, люди по-разному представляют себе Бога. Бог — удручающе расплывчатая сущность. Для некоторых Бог — это, в общем-то, *личность*, некто вездесущий, всемогущий, всеблагой — тот, кто создал Вселенную и глубоко озабочен судьбой людей — всего человечества и каждого человека в отдельности. Другие предпочитают воспринимать Бога более абстрактно, сближая его с *идеей*, которая критически важна, чтобы объяснить устройство нашего мира.

В чём все теисты — верующие люди — едины, так это в признании абсолютной важности Бога. Одна из важнейших черт индивидуальной онтологии заключается в том, присутствует в ней Бог или нет. Это крупнейшая часть общей картины. Итак — кажется нам Бог эфемерным или нет, — нам неизбежно приходится определяться с представлениями о нём.

* * *

Напомню, что байесовское рассуждение происходит в два этапа: пока доказательств нет, мы определяемся с априорными субъективными вероятностями, а затем оцениваем вероятность получения той или иной информации при верности той или иной из конкурирующих идей. Когда речь заходит о Боге, оба эти этапа чрезвычайно сложны. Но другого выхода у нас нет.

Дабы не усложнять, давайте разделим все возможные способы рассуждения о Боге всего на две категории: теизм (Бог существует) и атеизм (Бога не существует). Это обобщающие термины для различных возможных убеждений, но здесь мы проиллюстрируем общие принципы. Для определённости давайте условимся, что мы говорим о Боге как о личности, о некоем безмерно могучем существе, которое интересуется жизнью людей.

Каковы должны быть наши априорные показатели для теизма и атеизма? Можно утверждать, что атеизм проще: в нём на одну концептуальную категорию меньше, чем в теизме. Простые теории лучше, поэтому можно предположить, что априорная вероятность атеизма должна быть выше (если на практике атеизм не будет адекватно описывать наблюдаемую Вселенную, то это априорное допущение утратит силу, поскольку соответствующие ему вероятности будут очень низки). С другой

стороны, даже если Бог — отдельная категория, не относящаяся к физическому миру, то можно надеяться объяснить некоторые свойства мира при помощи этой гипотезы. Объяснительный потенциал — хорошая вещь, он может свидетельствовать в пользу большей априорной вероятности теизма.

Итак, у нас паритет. Возможно, вы бы расставили априорные вероятности иначе, но в нашей дискуссии давайте предположим, что априорные субъективные вероятности теизма и атеизма примерно одинаковы. Тогда вся смысловая нагрузка ляжет на объективные вероятности — то есть будет зависеть от того, насколько полно каждая из этих идей описывает реальный наблюдаемый мир.

* * *

Здесь начинается самое интересное. Предполагается, что мы максимально непредвзято вообразим, как должен был бы выглядеть мир при реализации каждой из двух возможностей, а потом сравним оба варианта и посмотрим, какой больше похож на правду. Это по-настоящему сложно. Ни «теизм», ни «атеизм» сами по себе, как системы взглядов, не блещут ни прогностической силой, ни конкретикой. Можно вообразить себе множество потенциальных вселенных, которые не будут противоречить ни одной из этих идей. А наши рассуждения необъективны из-за того, что мы довольно немало знаем о мире. Такую значительную предвзятость мы постараемся преодолеть.

Возьмём проблему зла. Почему могучий и всеблагой Бог, который, предположительно, просто мог бы не дать людям творить зло, всё-таки допускает его существование в мире? На этот вопрос можно ответить по-разному. Распространённый ответ связан со свободной волей: возможно, Богу важнее, чтобы люди могли сами выбирать, как им поступить, по собственному разумению — даже если в итоге они выберут зло, чем принуждать всех быть одинаково добрыми.

Однако наша задача — не просто подогнать имеющиеся данные (существование зла) под теорию (теизм). Давайте рассмотрим, как этот факт повлияет на наши субъективные вероятности для двух конкурирующих теорий (теизма и атеизма).

Итак, представим себе такой мир: он очень похож на наш, но зла в нём не существует. Люди в этом мире во многом подобны нам, они способны совершать выбор, но между добром и злом всегда выбирают добро. В таком мире релевантно отсутствие зла. Как интерпретировать такие данные в контексте теизма?

Сложно усомниться, что отсутствие зла воспринималось бы как очень

сильное доказательство в пользу существования Бога. Если бы человечество просто развивалось под действием естественного отбора, без всякого божественного наставления или вмешательства, то логично предположить, что человек был бы подвержен самым разным естественным порывам — некоторые из них приводили бы к добру, другие нет. Отсутствие зла в мире было бы сложно объяснить с позиций атеизма, но относительно просто со стороны теизма. Итак, отсутствие зла свидетельствовало бы в пользу существования Бога.

Однако если это так, то тот факт, что мы сталкиваемся со злом, однозначно свидетельствует *против* существования Бога. Если вероятность отсутствия зла выше при теизме, то вероятность наличия зла выше при атеизме. Итак, существование зла повышает субъективную вероятность справедливости атеизма.

Рассуждая таким образом, легко назвать и другие признаки нашей Вселенной, из-за которых атеизм кажется правдоподобнее теизма. Представьте себе мир, в котором чудеса происходят часто, а не такой, в котором чудеса редки или их нет вообще. Представьте себе мир, в котором все религиозные традиции на всём земном шаре независимо выработали одно и то же богословское учение и сюжеты о Боге. Представьте себе относительно компактную Вселенную, в которой есть лишь Солнце, Луна и Земля, но нет других звёзд и галактик. Представьте себе мир, в котором религиозные тексты однозначно подтверждали бы конкретные, истинные, неочевидные научные факты, мир, где люди развивались бы особняком от всех прочих организмов. Представьте себе мир, в котором души не умирали бы со смертью тела, часто посещали мир живых, вступали бы с ними в контакт и рассказывали захватывающие истории о жизни на небесах. Представьте себе абсолютно справедливый мир, в котором человек был бы счастлив ровно настолько, насколько праведен.

В любом из этих миров добросовестные искатели истинной онтологии с полным правом интерпретировали бы все эти аспекты реальности как доказательства в пользу существования Бога. Ясно как день, что, поскольку мир такими чертами не обладает, это свидетельствует в пользу атеизма.

Конечно, совершенно иной вопрос — насколько сильны эти доказательства. Можно было бы попытаться квантифицировать их общий эффект, но мы сталкиваемся с совершенно иным препятствием: теизм определяется не слишком чётко. Предпринимались многочисленные попытки дать такую дефиницию — в частности, «Бог — наивысшее совершенство, какое можно помыслить» или «Бог — основа всего сущего, универсальный предмет возможного опыта». Эти определения кажутся

чеканными и недвусмысленными, но не позволяют чётко оценить вероятности в духе: «вероятность того, что Бог, если он существует, чётко рассказал бы, как обрести милость к людям, жившим во все времена и во всех культурах». Даже если кто-либо заявляет, что феномен Бога как такового определён достаточно чётко, связь между этим феноменом и нашим миром остаётся неясной.

Можно попытаться обойти эту проблему и сказать, что теизм вообще не прогнозирует, каков должен быть мир: существование Бога является мистическим и неисповедимым для нашего разума. Это не решает проблему, поскольку атеизм даёт прогнозы и факты у нас так или иначе накапливаются — однако немного её сглаживает. Правда, дорогой ценой: если онтология почти ничего не прогнозирует, то ничего и не объясняет, и верить в неё нет смысла.

* * *

В нашем мире существует ряд явлений, которые считаются доказательствами в пользу теизма, равно как другие явления свидетельствуют в пользу атеизма. Представьте себе мир, в котором бы никто не задумывался о концепции Бога, — эта идея попросту не возникла бы. При нашем определении теизма такой мир очень маловероятен, если Бог существует. Вероятно, Бог поступил бы постыдно, проделав такую огромную работу, создавая мир и человека, а затем так и не открыв нам своё существование. Поэтому вполне разумно сказать: тот простой факт, что люди задумываются о Боге, может считаться доказательством в пользу его бытия.

Это довольно эксцентричный пример, но есть и более серьёзные. Вообразим материальный мир, в котором так и не возникла жизнь. Или Вселенную, в которой есть жизнь, но отсутствует сознание. Или Вселенную, где обитают сознающие существа, которые, однако, не испытывают от жизни радости или не видят в ней смысла. На первый взгляд, подобные варианты реальности более вероятны при атеизме, чем при теизме. Одна из основных задач, решению которых посвящён остаток этой книги, — описать, почему такие варианты представляются весьма вероятными в рамках натуралистической картины мира.

Вряд ли будет целесообразно повторять здесь все аргументы в пользу теизма и против него. В данном случае важнее усвоить базис, позволяющий находить ответы на этот и подобные вопросы. Мы обозначаем наши априорные субъективные вероятности, определяем, с какой объективной вероятностью могли бы произойти те или иные вещи в случае, если бы подтверждалась каждая из конкурирующих трактовок мира, а затем

уточняем наши субъективные вероятности на основе наблюдений. Рассуждать таким образом о бытии Бога столь же справедливо, как и о дрейфе континентов или о существовании тёмной материи.

Всё это звучит очень стройно, но мы — несовершенные, смертные, необъективные люди. Кто-то станет утверждать, что Вселенная, в которой сотни миллиардов галактик, — та самая штука, которую задумывал создать Бог, а другой недоумённо воззрится на такого собеседника и спросит, выдвигалась ли такая версия хоть раз до того, как мы открыли галактики, увидев их в телескопы.

Мы можем надеяться лишь на то, что нам удастся исследовать собственные планеты убеждений, признать, в чём мы проявляем предвзятость, и попытаться исправить наши заблуждения, насколько это в наших силах. Атеисты иногда упрекают религиозных людей за то, что те выдают желаемое за действительное — верят в какую-то сверхъестественную силу, высшую цель существования и особенно в посмертное воздаяние просто потому, что хотят, чтобы это оказалось правдой. Это совершенно понятное предубеждение, которое следует признать и попытаться обдумать.

Однако предубеждения есть с обеих сторон. Многих людей утешает идея о могучем существе, которое беспокоится об их жизни и безусловно регламентирует, как следует и как не следует поступать. Лично меня эта идея совершенно не устраивает — я нахожу её исключительно отталкивающей. Я предпочёл бы жить в такой Вселенной, где сам определяю свои ценности и придерживаюсь их, насколько мне удаётся, а не в такой, где Бог даёт мне их свыше, причём делает это возмутительно невнятно. Возможно, из-за таких предпочтений я подсознательно испытываю предубеждение против теизма. С другой стороны, меня отнюдь не радует, что моя жизнь относительно скоро (в космическом масштабе) подойдёт к концу и у меня не будет никакой надежды пожить еще; поэтому в данном случае я тоже могу быть предвзят. Независимо от того, какие когнитивные искажения у меня могут быть, я должен о них помнить, пытаясь объективно взвесить факты. Вот и всё, на что может уповать каждый из нас, зная свой шесток в космосе.

Часть III
Сущность

Глава 19
Много ли мы знаем

Когда мне было двенадцать, я увлекался парапсихологией. А кто не увлекался? Такая заманчивая идея — уметь притягивать предметы силой мысли и перемещать их, читать мысли других людей, предсказывать будущее — и всё это только силой разума.

Я прочёл всё, что смог найти об экстрасенсорном восприятии, телекинезе, ясновидении, прекогниции, — изучил целый спектр ментальных способностей, выходивших за рамки обыденного. Ещё мне очень нравились комиксы, где все герои обладали сверхспособностями, нравилась научная фантастика и фэнтези, не говоря уже об откровенно «научных» свидетельствах, которые, казалось бы, подтверждали наличие паранормальных способностей у человека. Я хотел проникнуть в эту тайну, понять, как на самом деле всё это может работать. Такие идеи казались головоломными, тем более если допустить, что предметы действительно можно ломать одной силой мысли.

Кроме того, у меня была научная жилка. Поэтому я неизбежно пришёл к очевидной идее: решил ставить собственные эксперименты.

У нас дома на цокольном этаже была подсобка. Я любил там закрываться, когда вся семья занималась какими-то другими делами (да, я не сказал, что был на редкость храбрым юным учёным). Начал я свои эксперименты с совсем маленьких предметов — я аккуратно раскладывал на ровной столешнице игральные кости и монеты. Затем просто... *думал* о них. Я сосредотачивался изо всех сил, пытаясь сдвинуть с места безделушки одной лишь силой мысли. К сожалению, ничего не выходило. Тогда я упростил себе задачу: стал упражняться с крошечными клочками бумаги, сдвинуть которые силой мысли, казалось бы, должно было быть легче. В итоге пришлось признать: может быть, кто-то и способен двигать предметы таким образом, но я оказался не из их числа.

Как нередко случается при постановке экспериментов, этот опыт был подготовлен не слишком тщательно. Но мне его результаты тогда показались убедительными: я забросил идею телекинеза и стал очень скептически относиться ко всем, кто заявлял, что обладает такой силой. Однако забористые идеи меня по-прежнему восхищали, я так желал проникнуть в глубокие тайны. Мне по-прежнему хотелось, чтобы предметы на самом деле можно было двигать силой мысли. Как бы это было полезно,

а уж как увлекательно с научной точки зрения!

* * *

Для того чтобы оценить, возможны ли парапсихологические или паранормальные явления, была проведена масса исследований, гораздо более профессиональных, чем мои. Дж. Б. Райн, профессор университета Дюка, известен большой серией экспериментов, по результатам которых он заключил, что парапсихологические способности реальны. Его исследования были крайне неоднозначны; многочисленные попытки воспроизвести его опыты ничем не увенчались, Райна критиковали за то, что протоколы его экспериментов были составлены небрежно и позволяли испытуемым жульничать. Сегодня в большинстве академических учреждений парапсихология не воспринимается всерьёз. Фокусник и скептик Джеймс Рэнди предлагал миллион долларов любому, кто сможет продемонстрировать такие способности в контролируемых условиях; многие пытались побороться за этот приз, но пока никому не удалось его получить.

И не удастся. Парапсихологические силы — определяемые как ментальные способности, позволяющие человеку наблюдать мир или воздействовать на него иначе, нежели обычными физическими средствами, — не существуют. Это можно утверждать с уверенностью, даже не вдаваясь в те или иные неоднозначности, связанные с конкретными академическими исследованиями.

Причина проста: того, что мы знаем о законах физики, достаточно, чтобы исключить существование истинно парапсихологических способностей.

Это очень серьёзное заявление, причём изрядно опасное: на свалке истории полно учёных, преувеличивавших свои знания либо утверждавших, что они вот-вот узнают практически всё:

Мы, вероятно, приближаемся к пределу всего, что можно знать об астрономии.

Саймон Ньюкомб, 1888

Все самые важные фундаментальные законы и факты физической науки уже открыты.

Альберт Майкельсон, 1894

Физике, какой мы её знаем, через шесть месяцев придёт конец.

Макс Борн, 1927

Существует пятидесятипроцентная вероятность, что «к концу века мы найдём полную и единую теорию всего».

Стивен Хокинг, 1980

Моё утверждение не из таких (да, так все говорят, но в данном случае это и вправду так). Я не говорю, что мы знаем всё или что даже близки к этому. Я заявляю, что нам известно *кое-что*, и этого достаточно, чтобы исключить некоторые явления, в частности сгибание чайных ложек силой мысли. Мы можем уверенно это утверждать, поскольку опираемся на совершенно конкретную структуру физических законов. Современная физика не только сообщает нам об истинности некоторых явлений, но и обладает «встроенным аппаратом», позволяющим обозначить границы наших знаний, за которыми наши теории перестают быть надёжными. Чтобы разобраться, как это работает, в данном разделе мы подробно поговорим о законах, согласно которым, по данным современной физики, устроена наша Вселенная.

* * *

Тогда, в двенадцать лет, я в самом деле не был безнадёжным оптимистом — учитывая, какими знаниями я в то время обладал. Идея о том, что наш мозг может действовать на расстоянии, наблюдая окружающий мир или воздействуя на него, кажется совершенно правдоподобной. Мы каждый день видим, как одни предметы воздействуют на другие предметы, удалённые от них. Я беру пульт, нажимаю несколько кнопок — телевизор оживает и переключает канал. Я беру телефонную трубку и вдруг начинаю говорить с кем-то, хотя между мной и собеседником тысячи километров. Очевидно, что благодаря технике невидимые силы могут преодолевать огромные расстояния — а что, благодаря разуму не могут?

Человеческий разум — таинственная вещь. Нельзя сказать, что мы о нём ничего не знаем; мудрецы размышляли об устройстве разума тысячи лет, а современная нейрофизиология и психология значительно расширили наши знания по этому вопросу. Тем не менее следует признать, что пока здесь больше туманных вопросов, чем установленных фактов. Что такое сознание? Что происходит, когда мы видим сны? Как мы принимаем решения? Как запоминаем? Как эмоции и чувства соотносятся с рациональным мышлением? Откуда берутся такие переживания, как благоговение и трансценденция?

Так почему же не парапсихология? Нужно проявлять здоровый скептицизм и путём тщательных опытов постараться определить, выдерживает ли какое-либо конкретное заявление проверку на практике. Выдавать желаемое за действительное — мощный соблазн, и предаваться ему не следует. Однако важно честно признавать, что мы знаем и чего не знаем. На первый взгляд, чтение мыслей или сгибание ложек — не более

безумная вещь, чем разговор по телефону, и, пожалуй, менее безумная, чем многие достижения современных технологий.

Существует настоящая пропасть между признанием того, что мы не всё знаем о принципах работы мозга, и тем, что мы помним о том, что всё в нём происходящее должно согласовываться с законами природы. Есть вещи, которых мы не понимаем, — например, как лечить обычную простуду. Тем не менее нет никаких причин полагать, что вирусы, вызывающие заболевание, — это не просто конкретные атомные структуры, подчиняющиеся законам физики частиц. Такие знания позволяют нам ограничить круг того, на что способны эти вирусы. Так, они не могут телепортировать личность из одного тела в другое, не могут спонтанно превращаться в антивещество и взрываться. Законы физики ничего не говорят нам о том, что мы хотели бы знать о «работе» этих вирусов, но, несомненно, кое-что нам сообщают.

Эти законы свидетельствуют о том, что человек не может видеть сквозь стены или пожелать — и взлететь. Все феномены, которые вы когда-либо в жизни видели или ощущали, — предметы, растения, животные, люди — состоят из ограниченного набора частиц, которые взаимодействуют друг с другом благодаря немногочисленным силам. Сами по себе эти частицы и взаимодействия не в силах порождать психические феномены, которые так увлекали меня в двенадцать лет. Ещё важнее, что уже не осталось неоткрытых «новых» частиц и взаимодействий, которые могли бы их поддерживать, — не просто потому, что мы их пока не обнаружили, но потому, что они бы уже точно были найдены, если бы обладали подходящими свойствами для обеспечения таких способностей. Мы знаем достаточно много, для того чтобы уверенно очертить границы возможного.

* * *

Мы никогда не узнаем чего-либо об эмпирическом мире с абсолютной определённостью. Всегда нужно быть готовым изменить теорию с учётом новой информации.

Тем не менее можно — в духе покойного Витгенштейна — быть достаточно уверенными в некоторых вопросах, которые мы считаем фактически решёнными. Возможно, что завтра в полдень знак у силы притяжения переменится и мы все улетим с Земли в космос. Это *возможно* — мы ведь не можем доказать, что такого произойти не может. А если появятся удивительные новые данные или неожиданные теоретические находки, которые потребуют всерьёз рассмотреть такую возможность, то именно это мы и должны будем сделать. Но пока об этом можно не

беспокоиться.

Парапсихология — похожий случай. Нет ничего страшного в том, чтобы ставить скрупулёзные лабораторные эксперименты, пытаясь найти людей, которые способны читать мысли или передвигать предметы путём телекинеза. Однако, в сущности, это бессмысленно, так как мы убеждены в нереальности таких способностей — точно так же, как и в том, что завтра знак силы притяжения не изменится.

Дэвид Юм в трактате «Исследование о человеческом разумении» размышлял о том, как следует относиться к рассказам о чудесных явлениях, характеризуемых как «нарушение законов природы». Его ответ был байесовским по духу: он был готов счесть такое заявление истинным, лишь если не поверить в него было бы сложнее, чем поверить. Таким образом, доказательства должны быть столь бесспорными, что отрицать их можно было бы лишь с большим трудом и проще было бы признать, что те законы, которые, на наш взгляд, управляют миром, действительно были нарушены. То же касается парапсихологических явлений: пока доказательства в их пользу не столь убедительны, как в пользу законов физики (действительно, так и есть), наша субъективная вероятность существования таких способностей должна быть крайне низкой.

Всё это никоим образом не означает, что наука «завершена» и что в мире не осталось вещей, которых мы пока не понимаем. Любая из имеющихся у нас научных теорий — это способ рассуждения о мире, одна конкретная история, применимая в своей сфере. Ньютоновская механика отлично описывает движение бейсбольных мячей и космических кораблей, но на атомном уровне она отказывает, и ей на смену приходит квантовая механика. Тем не менее мы продолжаем пользоваться ньютоновской механикой там, где она работает. Мы преподаём её студентам и используем при подготовке старта космических кораблей на Луну. Она «верна», пока используется в своей области применения. Ни одно потенциальное открытие не заставит нас внезапно усомниться в корректности ньютоновской механики в этих рамках.

В настоящее время у нас есть конкретная теория частиц и взаимодействий — Базовая теория, которая представляется бесспорно точной в очень широкой области применения. Она описывает всё, что происходит с вами и со мной, а также всё то, что вы прямо сейчас видите вокруг. Она и впредь останется столь же точной. Спустя тысячи и миллионы лет, какие бы удивительные открытия ни были совершены в науке, наши далёкие потомки не скажут: «Ха-ха, эти глупые учёные из XXI века верили в какие-то “нейтроны” и “электромагнетизм”». Надеюсь, что к

тому времени мы разработаем более качественные и глубокие концепции, но те концепции, которыми мы пользуемся сейчас, так и останутся верны в своей области применения.

И этих концепций — положений Базовой теории и аппарата квантовой теории поля, на которой она основана, — достаточно, чтобы убедить нас в отсутствии парапсихологических способностей.

Многие люди по-прежнему верят в парапсихологические феномены, но в среде серьёзных учёных и мыслителей они в основном отвергаются. В принципе такие же тенденции прослеживаются и в других случаях, когда мы пытаемся увязать человеческую природу с какими-то сверхъестественными свойствами. Положение Венеры на небе в день вашего рождения никак не влияет на ваши амурные перспективы. Сознание порождается суммой взаимодействий частиц и сил, а не является неотъемлемым свойством мира. Не существует нематериальной души, которая могла бы жить после смерти тела. Смерть — это конец каждого из нас.

Мы — часть мира. Осознавать, как устроен мир и какие ограничения он на нас накладывает, — важный путь к пониманию нашего места в общей структуре реальности.

Глава 20
Квантовая сфера

Историю науки иногда рассказывают — ради драматизма, а не ради научной точности — как историю революций. Была коперниковская революция в астрономии, дарвиновская эволюция в биологии. Физика пережила две революции, потрясшие самые основы этой науки: возникновение ньютоновской механики, описывающей классический мир, и появление квантовой механики.

Рассказывают, что, когда китайского премьер-министра Чжоу Эньлая в 1972 году спросили, что он думает о влиянии Французской революции, тот ответил: «Пока ещё рано об этом говорить». Звучит слишком красиво, чтобы быть правдой, и здесь действительно вышло недоразумение. Позже переводчик признал, что, учитывая формулировку вопроса, Чжоу явно имел в виду студенческие волнения 1968 года, а не революцию 1789 года.

С другой стороны, если бы таким образом рассуждали о квантовой революции в 1920-е годы, то сарказм был бы совершенно оправдан. В 1965 году физик Ричард Фейнман сказал: «Я думаю, что смело могу утверждать: квантовую механику не понимает никто», и это высказывание не менее справедливо сегодня. Для теории, которая с беспрецедентным эмпирическим успехом прогнозирует и учитывает результаты высокоточных экспериментов, сохраняется обескураживающая истина: физики не вполне осознают, что же в самом деле *представляет собой* эта теория. Как минимум, если некоторые люди и знают, что это за теория, то их взгляды не пользуются широким признанием среди коллег.

Однако не стоит преувеличивать таинственность квантовой механики просто ради красного словца. Мы понимаем массу всего об этой теории — иначе просто не могли бы делать такие прогнозы, которые уже были проверены с поразительной точностью. Задайте высококлассному физику грамотно сформулированный вопрос о том, что квантовая механика говорит об определённой ситуации, — и он предоставит вам абсолютно верный ответ. Но сущность теории, её итоговая корректная формулировка и окончательная онтология по-прежнему остаются очень спорными вопросами.

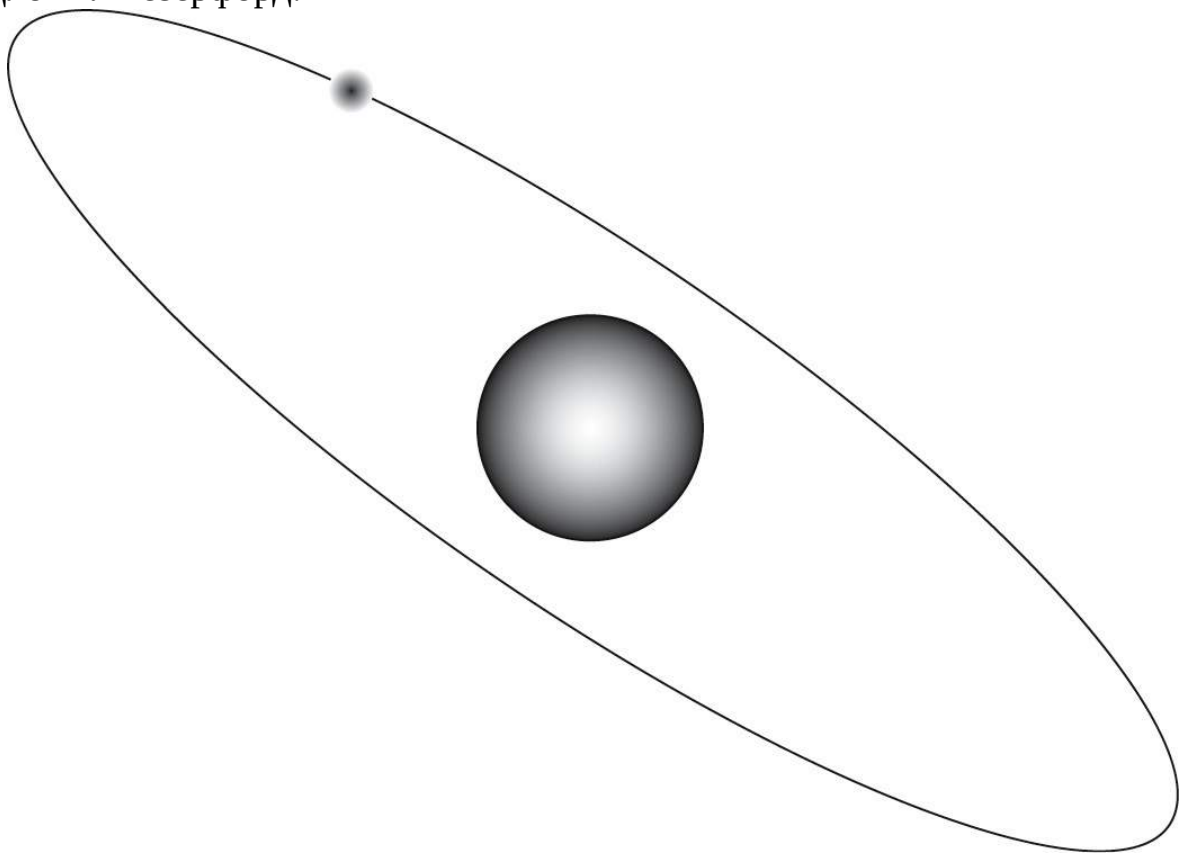
Это неприятно, поскольку от непонимания до искажения один шаг. Ни одна теория в истории науки так не перевиралась и не подвергалась таким злоупотреблениям со стороны сумасбродов и шарлатанов, ускользая при

этом от тех людей, которые добросовестно пытались разобраться со сложными идеями. Мы должны максимально чётко представлять, что говорит и чего не говорит эта теория, поскольку она — это глубочайшая и наиболее фундаментальная картина мира, имеющаяся у нас. Квантовая механика непосредственно связана со многими проблемами, с которыми приходится сталкиваться, пытаясь осмыслить человеческое бытие в мире: детерминизмом, причинно-следственными связями, свободной волей, происхождением самой Вселенной.

* * *

Начнём с той части квантовой механики, которая не вызывает споров: что мы видим, когда наблюдаем систему.

Возьмём атом водорода. Это простейший из существующих атомов: его ядро состоит всего из одного протона, с которым связан единственный электрон. Визуализируя эту картину, мы обычно представляем, как будто электрон вращается вокруг протона примерно так же, как планеты в Солнечной системе вращаются вокруг Солнца. Такую модель атома предложил Резерфорд.



Эта модель неверна, и вот почему. Электроны имеют электрический заряд — таким образом, они взаимодействуют с электрическим и магнитным полями. Если встряхнуть электрон, он испускает

электромагнитные волны — это основной источник того света, который вы видите каждый день, независимо от того, исходит он от Солнца или лампы накаливания. Какие-то электроны нагрелись, из-за этого стали колебаться и потратили избыток энергии, испустив её в виде света. В нашем атоме водорода этот вращающийся электрон несёт определённое количество энергии, зависящее от того, как электрон расположен относительно протона. Чем ближе электрон к протону, тем меньше у него энергии. Поэтому такой электрон, который расположен далеко от протона, но по-прежнему связан с ним, обладает относительно высокой энергией. Он «встряхивается» уже потому, что вращается вокруг протона. Следовательно, логично предположить, что электрон будет испускать свет, терять энергию и в ходе этого по спирали сдвигаться всё ближе и ближе к протону. (Ожидается, что то же самое должно происходить с планетами, вращающимися вокруг Солнца и теряющими энергию в виде гравитационного излучения, но гравитация — настолько слабое взаимодействие, что её эффект оказывается пренебрежимо малым.)

Когда этот процесс должен подойти к концу? В ньютоновском мире ответ прост: когда электрон окажется на поверхности протона. Все электроны, вращающиеся вокруг ядер во всех атомах, должны очень быстро опуститься по спирали к ядрам, и каждый атом во Вселенной должен схлопнуться до размеров ядра менее чем за миллиардную часть секунды. В таком случае не было бы никаких молекул, ни химии, ни столов, ни людей, ни планет.

Это было бы плохо. Но в реальном мире такого не происходит.

Для того чтобы понять, что происходит на самом деле, нужно рассмотреть случаи, когда электрон в атоме водорода действительно теряет энергию, испуская электромагнитную волну. Собрав излучённый свет, вы сразу же заметите кое-что занятное: оказывается, вы видите лишь определённые дискретные волны, имеющие конкретные значения длины. Согласно ньютоновской механике, вы должны видеть сразу все волны с любыми мыслимыми длинами. Однако мы наблюдаем, что при каждом переходе испускаются лишь определённые волны с «допустимыми» значениями длины.

Таким образом, электрон в атоме не может вращаться по произвольной орбите. Он может двигаться лишь по строго определённым орбитам, каждой из которых соответствует свой энергетический уровень. Мы наблюдаем в излучаемом свете только определённые волны именно потому, что электроны не спускаются к ядру по плавной «спирали», а спонтанно

перепрыгивают с одной орбиты на другую, испуская пучок света, соответствующий энергетической разнице между этими орбитами. Электрон совершает «квантовые скачки».

* * *

Ладно. Электроны не вращаются вокруг атомного ядра подобно планетам, как это происходило бы по законам классической механики. По какой-то причине они держатся на конкретных орбитах, имеющих фиксированные энергетические уровни. Кажется, что это исключительно важный факт, явно не совместимый с ньютоновской картиной мира, глубоко укоренившейся в структуре физики. Однако данные должны всегда превалировать над ожиданиями: если требуется вообразить электроны, движущиеся по фиксированным орбитам, чтобы объяснить стабильность столов и прочих объектов, состоящих из атомов, — давайте так это и представим.

Следующий вопрос: что заставляет электрон перепрыгивать с одной допустимой орбиты на другую? Когда это происходит? Как электрон узнаёт, что пришло время прыгать? Содержит ли состояние электрона какую-либо информацию, кроме того, на какой орбите он находится?

Для того чтобы ответить на эти вопросы, понадобились немалый гений и масса упорного труда. Физикам пришлось отказаться от так называемого состояния физической системы — полного описания той ситуации, в которой она сейчас находится, — и заменить эту категорию чем-то совершенно другим. Хуже того, пришлось переизобретать даже такую идею, которая казалась совершенно очевидной: речь о концепции *измерения* или *наблюдения*.

Все мы думали, что знаем значения этих терминов, но классическая механика не связывает с ними ничего особенного. Можно измерить любые свойства системы с той точностью, которая нас интересует, — как минимум, в принципе. В квантовой механике всё иначе. Во-первых, в ходе конкретного эксперимента мы можем измерить лишь некоторые вещи. Так, например, мы можем определить либо положение частицы, либо её скорость, но не можем определить её положение и скорость одновременно. Выполняя такие измерения, мы можем получить лишь определённые результаты в зависимости от физических условий. Например, когда мы определяем положение электрона, он может быть где угодно; но если мы измерим энергию электрона, когда он вращается вокруг ядра, то можем получить лишь некоторые дискретные значения. (Именно так появилось слово «квантовый», поскольку на заре этой дисциплины физики крайне интересовались тем, как электроны ведут себя в атомах; но не у всех

показателей, доступных для наблюдения, возможны лишь дискретные значения, поэтому такое название несколько неудачно.)

В классической механике, если вы знаете состояние системы, то можно с уверенностью спрогнозировать, каков будет результат любого измерения. В квантовой механике состояние системы является *суперпозицией* всех возможных результатов измерений и эта сумма называется «волновой функцией» системы. Волновая функция — это комбинация всех результатов, которые вы можете получить при наблюдении, но «вес» каждой из возможностей различается. Например, состояние электрона в атоме будет суперпозицией всех допустимых орбит с фиксированными энергиями. Суперпозиция, представляющая собой заданное квантовое состояние, может значительно тяготеть к одному конкретному результату: электрон можно практически безошибочно локализовать на орбите с определённым энергетическим уровнем. Однако, в принципе, квантовое состояние может включать любой возможный результат измерения.

Квантовая механика радикально отличается от классической, так как результаты экспериментов в ней не поддаются точному прогнозированию, даже если мы досконально знаем состояние системы. Квантовая механика сообщает нам, с какой *вероятностью* при наблюдении системы с заданной волновой функцией мы получим каждый отдельно взятый результат. Абсолютная точность прогнозирования недостижима не потому, что мы чего-то не знаем о системе; просто это максимум, что позволяет нам квантовая механика.

Квантовая вероятность весьма отличается от обычной, классической неопределённости. Вновь вспомним о покере. По окончании конкретной раздачи ваш соперник делает большую ставку и вам нужно решить, побьёт ли ваша комбинация его карты. Вы не знаете, какие карты у него на руках, но знаете возможные варианты: у него может не быть ничего, может быть пара, тройка и т. д. Учитывая его поведение в данной партии, а также вероятность того, какие карты он мог получить при раздаче, вы можете поступить как правильный байесовец и присвоить различные вероятности тому, какие комбинации могли у него сложиться. Квантовые состояния чем-то напоминают такой покер, но с одним ключевым отличием. В покере (классическом) вы не знаете, какие карты у соперника, но карты у него *конкретные*. Говоря о том, что квантовое состояние является суперпозицией, мы не имеем в виду: «Оно может соответствовать любой из различных возможностей, но мы не уверены, какой». Мы имеем в виду: «Это взвешенная комбинация, одновременно объединяющая все эти

возможности». Если бы вам каким-то образом удалось сыграть в «квантовый покер», то у вашего соперника действительно была бы комбинация, одновременно объединяющая все варианты раздачи, и число вариантов сократилось бы до единственного лишь в тот момент, когда он открыл бы перед вами свои карты.

Если от всего этого у вас болит голова — то вы не один такой. Потребовалось немало времени, чтобы собрать квантовую механику в единое целое, и мы по-прежнему спорим о том, какой у всего этого смысл.

* * *

Предположим, на столе лежит бильярдный шар. В обычной ситуации вы могли бы подумать, что этот шар обладает определённым «местоположением». В квантовой механике — ничего подобного. Если вы смотрите на шар, чтобы узнать его положение, то действительно *видите* его в том или ином месте. Но когда вы на него не смотрите, никакого местоположения у шара нет; он имеет волновую функцию, являющуюся суперпозицией всех точек, в которых может находиться шар. В каком-то смысле эту ситуацию можно сравнить с обычной волной, поднимающейся над столом: на гребне волны у нас максимальные шансы увидеть шар именно в том месте, куда мы смотрим. Если бы вы могли заранее узнать, какова будет волновая функция, то могли бы спрогнозировать вероятность, с которой шар может оказаться в том или ином месте. В случае с макроскопическими объектами из нашей реальности — такими, как бильярдные шары, — волновая функция обычно имеет ярко выраженное пиковое значение в одной конкретной точке стола. По мере того как эта «наиболее вероятная» позиция изменяется с течением времени, она подчиняется законам классической механики — точно так, как полагали бы в этом случае Ньютон и Лаплас. Однако существует вероятность того, что, посмотрев на шар, вы заметите его где-то в другом месте.

Ситуация, мягко говоря, неудовлетворительная. Квантовая механика — по крайней мере в том виде, как её преподают старшекурсникам, слушающим первый курс физики в колледже, — говорит, что существуют два принципиально разных варианта, в соответствии с которыми состояние системы может изменяться во времени.

Первый вариант изменения происходит, когда мы не наблюдаем за системой. В таком случае изменение состояния описывается уравнением, которому подчиняется волновая функция, — оно называется уравнением Шрёдингера в честь австрийского физика Эрвина Шрёдингера, который позже прославился своими мысленными экспериментами по истязанию котов. (Хотелось бы подчеркнуть, что ни один кот при этом не пострадал.)

В самом общем виде оно выглядит так:

$$i\hbar\partial_t|\Psi\rangle = \hat{H}|\Psi\rangle.$$

По-своему оно достаточно красиво. Символом $|\Psi\rangle$ обозначено квантовое состояние. В левой части уравнения мы задаём вопрос: «Как состояние изменяется с течением времени?». Справа получаем ответ, производя над этим состоянием определённую операцию. Уравнение перекликается со знаменитым ньютоновским «сила равна массе, умноженной на ускорение», где силы определяют, как система изменяется с течением времени.

Развитие ситуации в соответствии с уравнением Шрёдингера очень напоминает изменение состояния в классической механике. Это гладкое, обратимое и полностью детерминированное развитие; демон Лапласа без всяких проблем мог бы предсказать, каково было бы это состояние в прошлом и будущем. Если бы это и была вся история, то квантовая механика не вызывала бы никаких проблем.

Однако, как пишут в учебниках, квантовое состояние может изменяться и совершенно иным образом — когда за системой наблюдают. В таком случае, говорим мы студентам, волновая функция «схлопывается», и мы получаем конкретный результат измерения. Коллапс внезапен, а развитие в этом случае недетерминированно: зная исходное состояние, вы не сможете в точности спрогнозировать конечное состояние. У вас будут только вероятности.

Несмотря на вероятностную природу квантовомеханических прогнозов, они бывают необычайно точными. Так, можно измерить силу электромагнитного взаимодействия в одном эксперименте — например, узнать, какова будет отдача атома, когда он испустит фотон. Затем результат этого измерения можно использовать, чтобы спрогнозировать исход другого эксперимента — например, описать прецессию быстрых электронов в магнитном поле. Наконец, мы можем сравнить этот прогноз с фактическим результатом наблюдения. Степень соответствия результатов с прогнозами просто ошеломительна:

$$\text{Наблюдение/Прогноз} = 1{,}000000002.$$

Наблюдаемые и прогнозируемые результаты не вполне тождественны, но это связано с погрешностями при экспериментах и с теоретическим приближением. Тем не менее урок понятен: квантовая механика — это не какая-то расплывчатая или корявая система. Она неумолимо конкретна и

строга.

Глава 21
Интерпретация квантовой механики

Во всей квантовой механике нас наиболее беспокоит тот факт, что в этой теории вообще появляется слово «наблюдатель».

Как бы то ни было, что есть «наблюдение» и «наблюдатель»? Считается ли «наблюдателем» микроскоп, либо микроскоп считается только при условии, что в него смотрит человек, обладающий сознанием? А как насчёт белки? А видеокамеры? Что, если я лишь мельком взгляну на предмет, но не буду внимательно его рассматривать? В какой именно момент происходит «коллапс волновой функции»? (Чтобы вас не томить, сразу упомяну, что почти никто из современных физиков не думает, что «сознание» хоть каким-то образом связано с квантовой механикой. Есть немногочисленные диссиденты, которые действительно так считают, но это крошечное меньшинство, несопоставимое с «мейнстримом».)

Все эти проблемы вместе известны как квантовомеханическая *проблема измерения*. Физики уже несколько десятилетий ломают над ней голову, но пока так и не пришли к общему мнению о том, как к ней подступиться.

Идеи есть. Один вариант — предположить, что, хотя волновая функция и играет важную роль в прогнозировании результатов экспериментов, на самом деле она не отражает физической реальности. Может быть, наряду с волновой функцией существует более глубокий уровень описания мира, в контексте которого такое развитие в принципе будет совершенно предсказуемым. Такая возможность иногда именуется подходом со «скрытыми параметрами», поскольку предполагает, что наилучший способ описания состояний квантовой системы пока ещё не открыт. Если такая теория верна, то она должна быть нелокальной — элементы системы должны непосредственно взаимодействовать с элементами, находящимися в других точках пространства.

Ещё более радикальный подход — просто отрицать существование базовой реальности. Такой метод в квантовой механике называется *антиреалистическим*, поскольку в нём теория считается всего лишь учётным инструментом для прогнозирования результатов будущих экспериментов. Если спросить антиреалиста, какой аспект нашей Вселенной *описывают* эти знания, он ответит, что такой вопрос не имеет смысла. Он считает, что нет никакой базовой «материи», которую

описывала бы квантовая механика; мы можем говорить только о результатах измерений при экспериментах.

Антиреализм на первый взгляд слишком драматичный шаг. Однако именно за антиреализм, по-видимому, выступал столь авторитетный человек, как Нильс Бор, дедушка квантовой механики. Писали, что он придерживался таких взглядов: «Квантового мира не существует. Есть только абстрактное физическое описание. Неверно полагать, что задача физики — выяснить, какова природа на самом деле. Физика занимается тем, что мы можем *сказать* о природе».

Вероятно, наибольшая проблема антиреализма заключается в том, что сложно себе представить, как можно придерживаться такой позиции, не впадая в противоречия. Одно дело — сказать, что мы не полностью понимаем природу; другое дело — утверждать, что никакой природы вообще не существует. Кроме того, а кто именно это утверждает? Даже Бор в вышеприведённой цитате упоминает о том, что мы «можем сказать о природе». Вероятно, он подразумевал, что нечто под названием «природа» существует, раз мы можем о ней говорить.

* * *

К счастью, этим наши варианты не исчерпываются. Простейшая возможность заключается в том, что квантовая волновая функция вообще не является ни «инструментом учёта», ни одним из разнообразных квантовых параметров; волновая функция просто непосредственно отражает реальность. В то время как Ньютон или Лаплас могли представлять себе мир как совокупность положений и скоростей частиц, современный квантовый теоретик может считать мир волновой функцией. И всё, точка.

Сложность, связанная с таким грубым вариантом безыскусного квантового реализма, заключается в проблеме измерения. Если всё на свете — просто волновая функция, то из-за чего состояния «схлопываются» и почему акт наблюдения так важен?

В 1950-е годы одно решение описал молодой физик по имени Хью Эверетт III. Он предположил, что существует всего один вариант квантовой онтологии — волновая функция — и единственный путь её развития — в соответствии с уравнением Шрёдингера. Не существует никакого «схлопывания», никакого фундаментального разделения между системой и наблюдателем, наблюдение вообще не играет никакой особой роли. Эверетт провозгласил, что квантовая механика замечательно согласуется с детерминистским лапласовским представлением о мире.

Тем не менее если это так, то почему нам кажется, что волновые

функции «схлопываются» при наблюдении? Сейчас говорят, что этот фокус связан с особым свойством квантовой механики, так называемой *запутанностью*.

Классическая механика позволяет считать, что каждый отдельный элемент мира обладает своим собственным состоянием. Земля вращается вокруг Солнца строго по своей орбите с определённой скоростью, а у Марса и орбита, и скорость другие. Квантовая механика всё описывает иначе. Не существует отдельных волновых функций для Земли, для Марса и для всех остальных объектов в пространстве. Есть всего одна волновая функция, охватывающая сразу всю Вселенную, — без ложной скромности мы именуем её «волновой функцией Вселенной».

Волновая функция — это просто числовое значение, которое мы присваиваем любому возможному результату измерения, такому как положение частицы. Это число сообщает, с какой вероятностью мы можем получить такой результат измерения. Вероятность получается путём возведения волновой функции в квадрат; это знаменитое правило Борна, названное в честь знаменитого немецкого физика Макса Борна. Итак, волновая функция Вселенной позволяет присвоить числовое значение любому возможному варианту распределения объектов в пространстве. Одно число соответствует «Земля здесь, Марс там», другое «Земля уже вот здесь, а Марс ещё в каком-то месте».

Таким образом, состояние Земли может быть запутано с состоянием Марса. В случае с макроскопическими объектами, такими как планеты, такая возможность не может быть продемонстрирована, но с крошечными элементарными частицами запутанность случается постоянно. Допустим, у нас есть две частицы — Алиса и Боб, каждая из которых может вращаться либо по часовой стрелке, либо против часовой стрелки. Волновая функция Вселенной позволяет присвоить 50-процентную вероятность тому, что Алиса будет вращаться по часовой стрелке, а Боб — против часовой, и также 50-процентную вероятность тому, что Алиса станет вращаться против часовой стрелки, а Боб — по часовой. Мы не представляем, какой результат получим, измерив спин любой из частиц, но знаем, что как только измерим спин одной из них, другая определённо будет вращаться противоположным образом. Это происходит потому, что две частицы запутаны друг с другом.

Эверетт считает, что мы должны буквально воспринимать формализм квантовой механики. Дело в том, что волновой функцией описывается не только та система, которую вы собираетесь наблюдать, но и *вы сами*. Это означает, что вы можете быть в суперпозиции. Когда вы измеряете частицу,

чтобы проверить, вращается она по часовой стрелке или против часовой стрелки, то, по мнению Эверетта, волновая функция не схлопывается, приводя к одному или другому результату. Она плавно переходит в запутанную суперпозицию, которая заключает в себе оба варианта: во-первых, «частица вращалась по часовой стрелке» и «вы видели, как частица вращается по часовой стрелке», а во-вторых, «частица вращается против часовой стрелки» и «вы видели, как частица вращается против часовой стрелки». Обе части суперпозиции действительно существуют, продолжают существовать и развиваться в полном соответствии с уравнением Шрёдингера.

Наконец-то появляется вариант окончательного ответа на критический онтологический вопрос: «Что же в самом деле представляет собой мир?». Мир — это квантовая волновая функция, по крайней мере до тех пор, пока мы не найдём теорию получше.

* * *

Минималистическая трактовка квантовой механики Эверетта — есть только волновые функции и плавная эволюция, никаких новых переменных, непредсказуемых коллапсов или отрицания объективной реальности — была названа *«многомировой интерпретацией»*. Две части волновой функции Вселенной, в одной из которых вы видите, как частица вращается по часовой стрелке, а в другой — против часовой, впоследствии продолжают развиваться совершенно независимо друг от друга. В будущем между ними отсутствует какая-либо коммуникация или интерференция. Всё дело в том, что и вы, и частица оказываетесь в состоянии запутанности со всей остальной Вселенной — этот процесс именуется *декогеренцией*. Различные части волновой функции представляют собой разные «ответвления», поэтому удобно говорить, что они описывают разные миры. По-прежнему существует всего один «мир», в смысле «естественный мир», описываемый волновой функцией Вселенной, но у этой волновой функции множество ответвлений, и они развиваются независимо друг от друга, поэтому давайте называть их «мирами». Наш язык не слишком удобен для описания физики.

Эвереттовская многомировая интерпретация квантовой механики во многом привлекательна. С онтологической точки зрения она экономична и эффективна; в ней есть всего одно квантовое состояние и одно уравнение, описывающее развитие системы. Она совершенно детерминистична, хотя отдельно взятый наблюдатель и не может сказать, в каком мире находится, пока не посмотрит на него. Поэтому в тех прогнозах, которые делает человек, неизбежно присутствует некоторый вероятностный компонент. В

данном случае мы без труда можем объяснить такие вещи, как измерительный процесс, причём для выполнения таких измерений абсолютно не требуется участия сознающего наблюдателя. Всё вокруг — просто волновая функция, а все волновые функции развиваются единообразно.

Разумеется, существует бесчисленное количество Вселенных.

Многие возражают против многомировой интерпретации, так как им просто не нравится идея обо всех этих Вселенных. Особенно о Вселенных, недоступных для наблюдения, — согласно теории, они существуют, но нет никакого реального способа когда-либо их увидеть. Это не очень рациональное возражение. Если наша наилучшая теория прогнозирует, что нечто является истинным, то мы должны присвоить такой истинности относительно высокую субъективную вероятность по Байесу, пока у нас не появится теория получше. Если вам неуютно думать о множестве Вселенных, либо вы априори относитесь к этой идее негативно, то во что бы то ни стало постарайтесь выработать более точную формулировку квантовой механики. Однако негативное ощущение — не принципиальная позиция.

Чтобы примириться с многомировой интерпретацией, важно понять, что эта гипотеза не начинается с формального представления квантовой механики, к которому затем добавляется подозрительно большая Мультивселенная. Формальное представление уже допускает существование всех этих Вселенных, как минимум потенциально. Квантовая механика описывает отдельные объекты как суперпозиции различных результатов измерений. Волновая функция Вселенной автоматически допускает возможность, что вся Вселенная находится в такой суперпозиции, которую мы далее начинаем трактовать как «множество миров». Все остальные версии квантовой механики только тем и занимаются, что *пытаются избавиться от множественности миров*, — для этого меняется динамика, добавляются новые физические параметры либо отрицается существование реальности как таковой. Но такие теории не дают никакого выигрыша в объяснении или прогнозировании явлений, а также без надобности подменяют простую структуру более сложной — по крайней мере, так считают сторонники Эверетта.

Это не означает, что у нас нет веских причин скептически относиться к эвереттовской квантовой механике. По Эверетту, разветвление волновой функции в разные параллельные миры — это не объективное явление, а просто удобный способ рассуждения о базовой реальности. Но по какому именно признаку лучше всего проводить границу между Вселенными?

Почему мы наблюдаем эмерджентность реальности, которая хорошо аппроксимируется законами квантовой механики? Это совершенно оправданные вопросы, но сторонники многомировой интерпретации считают, что вполне могут на них ответить.

Говоря об общей картине, из этой дискуссии следует сделать два важных вывода. Во-первых, хотя мы пока не вполне представляем, как работает квантовая механика на фундаментальном уровне, мы не знаем о ней ничего такого, что однозначно развенчивало бы детерминизм (будущее всегда проистекает из настоящего), реализм (существует объективный реальный мир) или физикализм (мир — чисто физический). Все эти свойства ньютоновской/лапласовской Вселенной, напоминающей часовой механизм, вполне могут оставаться истинными и на уровне квантовой механики — но пока мы в этом не уверены.

Другой важный вывод применим ко всем интерпретациям квантовой механики: наблюдаемая нами картина мира очень отличается от складывающегося у нас описания ненаблюдаемого мира. По мере того как на протяжении веков человек приобретал новые знания, мы были вынуждены радикально реорганизовывать наши планеты убеждений, чтобы соотнести их с новыми представлениями о физической Вселенной, и квантовая механика — определённо одна из таких переделок. В некотором смысле она является окончательной унификацией: оказывается, на глубочайшем уровне реальности не просто нет таких вещей, как «горы» и «океаны», — там нет даже «электронов» и «фотонов». Есть только квантовая волновая функция. Всё остальное — условные описания.

Глава 22
Базовая теория

Насколько нам сейчас известно, Вселенная устроена по законам квантовой механики. Но квантовая механика — это не конкретная теория для описания мира, а контекст, в рамках которого могут быть сформулированы те или иные теории. Точно так же, как классическая механика включает в себя теорию движения планет вокруг Солнца или теорию электричества и магнетизма, или даже эйнштейновскую общую теорию относительности, существует огромное число самостоятельных физических моделей, считающихся «квантовомеханическими». Если мы хотим знать, как именно устроен мир, то должны спросить: «Квантовомеханическая теория *чего*?».

Возможно, сразу захочется ответить: «Частиц и взаимодействий». Например, говоря об атоме, мы знаем, что его ядро — это совокупность частиц, которые называются *протонами* и *нейтронами*, а частицы, вращающиеся вокруг ядра, называются *электронами*. Протоны и нейтроны удерживаются вместе под действием силы ядерного взаимодействия, а электроны удерживаются вокруг ядра под действием другой силы (силы электромагнитного взаимодействия). Все физические тела притягиваются друг к другу под действием ещё одной силы (гравитационного взаимодействия). Логично предположить, что мир состоит именно из частиц и взаимодействий, и эту фундаментальную материю описывает квантовая теория реальности.

Почти так, но не совсем. Наша наилучшая теория мира — как минимум в той области применения, которая включает повседневный опыт, — делает ещё один шаг в сторону унификации и полагает, что и частицы, и взаимодействия возникают из *полей*. Поле в некотором отношении противоположно частице; частица занимает определённое место в пространстве, а поле простирается через всё пространство и в каждой точке пространства имеет конкретное значение. Согласно современной физике, все частицы и взаимодействия, благодаря которым образуются атомы, возникают из полей. Такая концепция называется *квантовой теорией поля*. Именно квантовая теория поля со всей определённостью свидетельствует о том, что нельзя согнуть ложку силой мысли и что нам известны все частички, из которых состоим я и вы.

А из чего состоят поля? Из ничего. Поля — это то, из чего образовано

всё остальное. Конечно, может существовать и более глубокий уровень реальности, но он пока не найден.

* * *

Трудно не согласиться с тем, что все силы природы возникают из полей, заполняющих пространство. Наш старый знакомый Пьер-Симон Лаплас впервые показал, что ньютоновская теория тяготения может считаться описанием «поля гравитационных потенциалов», которое отталкивается и притягивается телами, движущимися во Вселенной. Теория электромагнетизма, сформулированная в XIX веке шотландским физиком Джеймсом Клерком Максвеллом и его современниками, даёт общее описание электрических и магнитных полей.

А что же частицы? Кажется, что частицы и поля диаметрально противоположны друг другу: частица находится в конкретном месте, а поле распределено повсюду. Мы же не будем утверждать, что такая частица, как электрон, возникает из некоего «электронного поля», заполняющего пространство?

Именно это мы и будем утверждать. Причём такую связь обеспечивает квантовая механика.

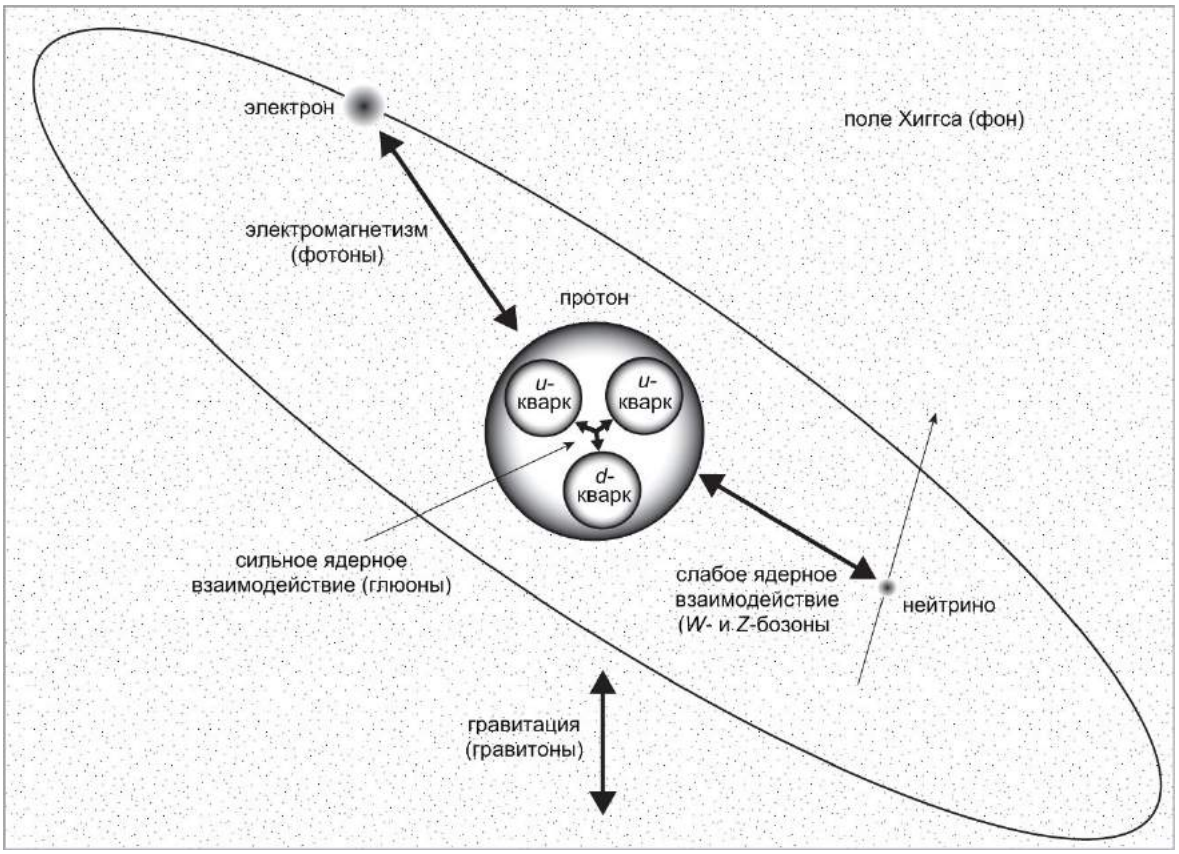
Фундаментальное свойство квантовой механики заключается в том, что, когда мы наблюдаем тот или иной феномен, он выглядит иначе, нежели в момент, когда мы его не наблюдаем. Когда мы измеряем энергию электрона, вращающегося вокруг ядра, мы получаем конкретный ответ, и этот ответ — один из некоторого множества допустимых вариантов. Однако когда мы не наблюдаем электрон, его состояние является суперпозицией всех этих возможных результатов.

С полями та же история. Согласно квантовой теории поля, существуют определённые базовые поля, из которых состоит мир, и волновая функция Вселенной — суперпозиция всех возможных значений, которые могут принимать эти поля. Если мы наблюдаем квантовые поля — очень внимательно, при помощи достаточно точных инструментов, — то видим отдельные частицы. В случае электромагнитного ноля эти частицы называются «фотонами», а частица гравитационного поля называется «гравитон». Мы ещё ни разу не наблюдали отдельный гравитон, поскольку гравитационное поле очень слабо и взаимодействует с другими полями, но базовая структура квантовой теории поля не оставляет сомнений в том, что гравитоны существуют. Если поле сохраняет постоянное значение во времени и в пространстве, то мы ничего не обнаруживаем, но, как только поле начинает вибрировать, мы можем наблюдать эти вибрации в виде частиц.

Существуют две основные разновидности полей и ассоциированных с ними частиц; эти частицы называются «бозонами» и «фермионами». Бозоны, например фотон и гравитон, могут сбиваться в кучи, образуя при этом силовые поля. Фермионы занимают место в пространстве; в любом месте в любое время может находиться только один фермион. Из фермионов, к числу которых относятся электроны, протоны и нейтроны, состоят материальные объекты, например вы, я, стулья, планеты; причём все тела, образованные из фермионов, кажутся твёрдыми. Два электрона, которые являются фермионами, не могут одновременно находиться в одном и том же месте; в противном случае объекты, состоящие из атомов, просто сколлапсировали бы, уменьшившись до микроскопических размеров.

* * *

Обычная материя, из которой состоим и вы, и я, и Земля, и всё, что вы видите вокруг, на самом деле слагается всего из трёх видов частиц и трёх типов взаимодействий. Электроны в атоме связаны с ядром посредством электромагнетизма, а само ядро состоит из протонов и нейтронов, которые удерживаются вместе посредством ядерного взаимодействия. Разумеется, вся материя находится под действием гравитации. Протоны и нейтроны, в свою очередь, состоят из двух типов более мелких частиц: *u*-кварков и *d*-кварков. Кварки удерживаются вместе под влиянием сильного ядерного взаимодействия, обусловленного частицами, которые называются «глюоны». «Ядерное взаимодействие» между протонами и нейтронами — это своеобразная «отдача» сильного ядерного взаимодействия. Ещё есть слабое ядерное взаимодействие, обусловленное *W*-бозонами и *Z*-бозонами, благодаря которому все частицы могут взаимодействовать с последним неупомянутым фермионом — нейтрино. Четыре фермиона (электрон, нейтрино, *u*-кварки и *d*-кварки) — представители лишь одного поколения фермионов, а всего таких поколений три. Наконец, все эти частицы существуют в поле Хиггса, сообщающем массу всем частицам, которые её имеют.



Поля и ассоциированные с ними частицы, из которых состоит окружающий мир

На рисунке показана совокупность основных полей и ассоциированных с ними частиц. Это более подробная схема атома водорода, который мы уже рассматривали в главе 20. Два поколения более тяжёлых фермионов здесь не указаны, поскольку эти частицы обычно очень быстро распадаются. Только те частицы, что показаны на этом рисунке, существуют достаточно долго и образуют объекты окружающего мира. Полный набор частиц рассматривается в приложении.

* * *

Физики подразделяют наши теоретические представления об этих частицах и взаимодействиях на две великие теории: *стандартную модель физики частиц*, охватывающую все упомянутые здесь феномены, кроме гравитации, и *общую теорию относительности* Эйнштейна, описывающую гравитацию как кривизну пространства–времени. Нам недостаёт полной «квантовой теории гравитации» — такой модели, которая бы основывалась на принципах квантовой механики и согласовывалась с общей теорией относительности при рассмотрении явлений в

«классическом» ключе. Теория суперструн — одна из многообещающих кандидатур на роль такой модели, но пока мы просто не умеем рассуждать о ситуациях, когда гравитация очень сильна — например, такая, как вскоре после Большого взрыва или внутри чёрной дыры, если говорить в терминах квантовой механики. Один из величайших вызовов настоящего времени, которым озабочены физики-теоретики со всего мира, — выработать такой способ рассуждения.

Однако мы не живём внутри чёрной дыры, да и Большой взрыв был достаточно давно. В нашем мире гравитация сравнительно слабая. Поскольку эта сила невелика, квантовая теория вообще обходится без описания гравитации. Вот почему мы не сомневаемся в реальности гравитонов: с учётом базовых свойств общей теории относительности и квантовой теории поля они неизбежно должны существовать, пусть у нас и нет исчерпывающей теории квантовой гравитации.

Область применения квантовой гравитации в том виде, как мы её сегодня понимаем, охватывает всё разнообразие нашего повседневного опыта. Соответственно, нет никаких причин и далее отделять стандартную модель и общую теорию относительности друг от друга. Что касается физики той материи, которую вы видите вокруг, вся она отлично описывается одной большой квантовой теорией поля. Нобелевский лауреат Фрэнк Вильчек назвал её *Базовой теорией* (*Core Theory*). Это квантовая теория поля, описывающая кварки, электроны, нейтрино, все семейства фермионов, электромагнетизм, гравитацию, ядерные взаимодействия и поле Хиггса. В приложении она изложена более подробно. Базовая теория — не самое изящное произведение, когда-либо родившееся в воображении у физика, но она удивительно успешно подтверждается практически во всех экспериментах, которые когда-либо ставились в лабораториях у нас на Земле. (Как минимум по состоянию на середину 2015 года, неожиданных сюрпризов никто не отменял.)

В предыдущей главе мы пришли к выводу о том, что мир «как он есть» — это квантовая волновая функция. Волновая функция — это суперпозиция конфигураций материи. Далее встаёт такой вопрос: функцией от *чего* является волновая функция? В контексте нашей повседневной жизни на этот вопрос можно ответить так: «От фермионных и бозонных полей Базовой теории».

* * *

Для того чтобы почти полностью описать нашу повседневную жизнь, нам не нужен практически весь аппарат Базовой теории. Сравнительно тяжёлые фермионы очень быстро распадаются. В основе всего лежит поле

Хиггса, но, чтобы породить сам *бозон* Хиггса — частицу, которую мы наблюдаем, когда поле Хиггса начинает вибрировать, — нужен ускоритель частиц стоимостью порядка 10 миллиардов долларов, такой как Большой адронный коллайдер, расположенный в швейцарской Женеве. И эта частица всё равно распадается примерно через одну зептосекунду. Нас повсюду окружают нейтрино, но слабое ядерное взаимодействие настолько мало́, что обнаружить их очень сложно. Солнце излучает нейтрино сплошным потоком, так что каждую секунду через ваше тело пролетает около ста триллионов этих частиц, но, подозреваю, вы этого ни разу не почувствовали.

Практически весь эмпирический опыт слагается из минимального количества составляющих. Это различные атомные ядра, которые перечислены в таблице Менделеева; вьющиеся вокруг них электроны, а также две дальнодействующие силы, обеспечивающие взаимодействия всех этих частиц, — гравитация и электромагнетизм. Если вы хотите описать всё, что происходит в скалах и лужицах, ананасах и броненосцах, — то это всё, что вам потребуется. А гравитация, следует признать, довольно проста. Все тела взаимно притягиваются. Все реальные структуры и сложность, наблюдаемая в мире, порождаются электронами (и тем фактом, что они не могут примыкать друг к другу), взаимодействующими с ядром и с другими электронами.

Разумеется, есть и исключения. Слабое ядерное взаимодействие играет важную роль при термоядерном синтезе, благодаря которому горит Солнце, поэтому без слабого взаимодействия нам не обойтись. Мюоны — сравнительно тяжёлые частицы, напоминающие электроны, — могут образовываться, когда космические лучи бомбардируют земную атмосферу; при этом они могут влиять на скорость мутаций в ДНК и, следовательно, на биологическую эволюцию. Важно учитывать эти и другие феномены — и Базовая теория отслеживает их с поразительным успехом. Однако львиная доля всего, что происходит в жизни, связана с гравитацией и электромагнетизмом, под влиянием которых движутся электроны и ядра.

Мы можем быть уверены, что Базовая теория, описывающая все сущности и процессы, с которыми нам доводилось сталкиваться в жизни, *верна*. Через тысячи лет мы узнаем много нового о фундаментальной природе физических процессов, но по-прежнему будем использовать Базовую теорию, рассуждая о данном, конкретном уровне реальности. С точки зрения поэтического натурализма существует одна трактовка реальности, которую мы можем с уверенностью изложить в чётко определённой области применения. Метафизической уверенности в этом

быть не может, поскольку это нельзя доказать математически — наука никогда ничего не доказывает. Тем не менее с точки зрения любого добросовестного байесовского рассуждения с огромной вероятностью представляется, что всё именно так. Нам полностью известны те физические законы, которые лежат в основе повседневной реальности.

Глава 23
Материя, из которой мы состоим

Квантовая теория поля — невероятно мощный научный аппарат. Если бы можно было себе представить, что каркас какой-либо физической теории мог бы родиться от союза Годзиллы и Халка, то речь шла бы именно о квантовой теории поля.

«Мощный» не означает «стирающий в пыль целые города». (Хотя квантовая теория поля именно такова, поскольку лишь она позволяет описать, как одна частица превращается в другую, а такой процесс — важнейший аспект ядерных реакций и, следовательно, атомного оружия.) В контексте научных теорий «мощная» на самом деле означает *«строгая»* — согласно по-настоящему мощной теории, многие вещи просто не могут произойти. Сила, о которой мы здесь говорим, — это возможность начать с минимального числа посылок и прийти к таким выводам, которые будут надёжны и широко применимы. Квантовая теория поля не сносит здания, попадающиеся ей на пути; она крушит наши спекуляции о том, какие явления возможны в физической реальности.

Сейчас мы сделаем очень дерзкое заявление.

Заявление: физические законы, лежащие в основе повседневной реальности, полностью известны.

Подобное заявление сразу вызывает изрядный скепсис. Оно нахальное, самодовольное, причём кажется, что вполне реально можно себе представить, в каких отношениях наша картина мира может оказаться удручающе неполной. Такое заявление до боли напоминает многочисленные исторические примеры, когда тот или иной великий мыслитель хвастал, что путь к исчерпывающим знаниям близится к концу. Всякий раз такие заявления оказывались смехотворно преждевременными.

Однако мы утверждаем, что нам известны не все законы физики, а лишь их ограниченное множество, достаточное для описания всего, что происходит в нашей повседневной жизни. Даже такая формулировка кажется весьма самонадеянной. Наверняка должны существовать многочисленные возможности добавлять в Базовую теорию новые частицы и взаимодействия, которые могут оказаться важны для обыденной физики, и, если уж на то пошло, открывать совершенно новые явления, полностью выходящие за рамки квантовой теории поля. Верно?

Нет. Ситуация теперь на самом деле иная, нежели всё, что было когда-

либо в истории науки. Мало того, что у нас есть успешная теория, мы к тому же знаем, как далеко может распространиться эта теория, прежде чем в ней можно будет усомниться. Да, просто квантовая теория поля настолько мощная.

* * *

В основе нашего дерзкого заявления лежит простая логика.

1. Всё, что мы знаем, свидетельствует о том, что квантовая теория поля — адекватный аппарат, позволяющий описывать физику повседневности.

2. Законы квантовой теории поля подразумевают, что уже не могут быть открыты никакие новые частицы, силы или взаимодействия, которые были бы существенны для нашей повседневной жизни. Мы уже открыли их все.

Может ли квантовая теория поля где-нибудь не сработать? Разумеется. Как хорошие байесовцы, мы вполне усвоили, что лучше не обнулять субъективную вероятность даже в самых крайних случаях. В частности, квантовая теория поля, возможно, не в состоянии полностью описать человеческое поведение, поскольку *физика* может быть для этого непригодна. Может случиться чудесное вмешательство либо какой-нибудь исходно нефизический феномен, влияющий на свойства физической материи. Никакой научный прогресс никогда полностью не исключит такую возможность. Но мы можем показать, что физика как таковая абсолютно достаточна для описания всего, что мы видим.

Специальная теория относительности Эйнштейна (в отличие от общей теории относительности) объединяет пространство и время в одно целое и постулирует, что скорость света является абсолютным пределом скорости во Вселенной. Допустим, мы хотим сформулировать теорию, которая одновременно охватывала бы три эти идеи:

1. квантовая механика,

2. специальная теория относительности,

3. значительно удалённые регионы пространства функционируют независимо друг от друга.

Нобелевский лауреат Стивен Вайнберг утверждает, что любая теория, соответствующая этим требованиям, будет *напоминать* квантовую теорию поля на (относительно) больших расстояниях и при низких энергиях — допустим, больше протона. Независимо от того, что происходит на конечном, самом фундаментальном и исчерпывающем уровне природы, тот мир, который доступен для человеческого наблюдения, будет хорошо описываться квантовой теорией поля.

Следовательно, если мы хотим описать окружающий нас

повседневный мир низких энергий, строго придерживаясь физических законов, то должны действовать в контексте квантовой теории поля.

* * *

Давайте признаем, что квантовая теория поля работает в повседневных условиях, и зададимся вопросом, почему больше не может существовать неоткрытых частиц, которые как-либо влияли бы на окружающий мир.

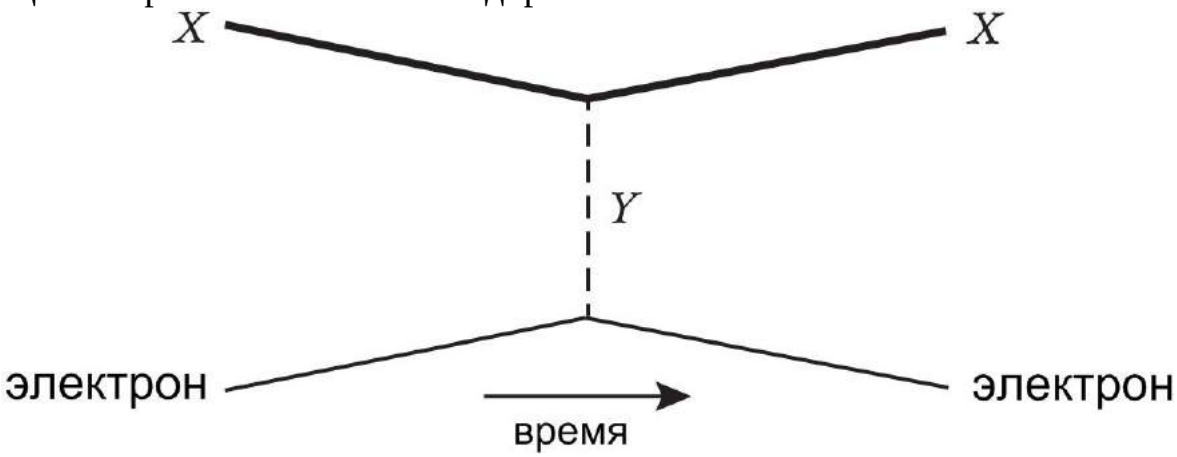
Во-первых, нужно удостовериться, что не может существовать реальных материальных частиц, которые бы носились вокруг и пронизывали наше тело, как-либо влияя при этом на поведение уже известных нам частиц. Затем нужно убедиться, что на свете нет никаких *виртуальных* частиц или новых взаимодействий, которые с определённой вероятностью могли бы влиять на те частицы, которые мы наблюдаем. В квантовой теории поля виртуальными именуются такие частицы, которые молниеносно возникают и столь же быстро исчезают, образуя квантовые флуктуации и влияя при этом на реальные частицы, но сами остаются совершенно незаметными. Эту проблему мы рассмотрим в следующей главе, а пока давайте сосредоточимся на реальных частицах.

Нам известно, что в физике не существует никаких новых частиц и полей, которые играли бы важную роль в повседневной жизни; это связано с ключевым свойством квантовой теории поля, так называемой *перекрёстной симметрией*. Это удивительное явление помогает убедиться в том, что некоторых разновидностей частиц не существует, иначе мы бы их уже нашли. В принципе перекрёстная симметрия заключается в следующем: если одно поле может взаимодействовать с другим (например, рассеиваться при контакте с ним), то второе поле при подходящих условиях может *порождать* частицы первого. Можно сказать, что на уровне квантовой теории поля этот принцип аналогичен закону «на всякое действие есть противодействие».

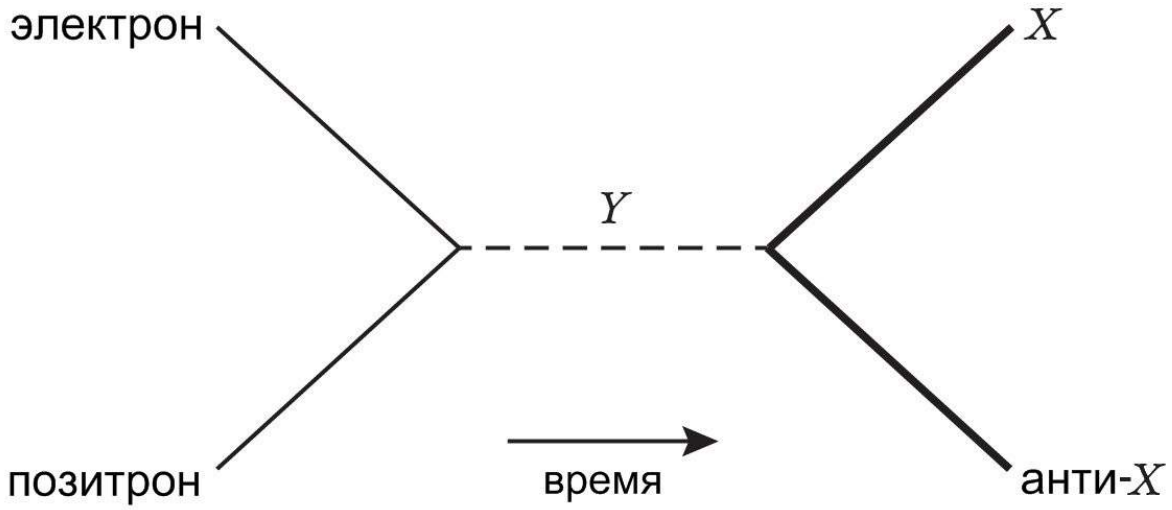
Рассмотрим новую частицу X, которая, как мы можем полагать, вызывает малозаметные, но важные эффекты в повседневном мире — например, позволяет гнуть ложки силой мысли или является источником сознания как такового. В таком случае частица X должна прямо или косвенно взаимодействовать с обычными частицами, например с кварками и электронами. Если этого не происходит, то она никоим образом не может оказывать влияния на тот мир, который мы непосредственно наблюдаем.

Взаимодействия между частицами в квантовой теории поля визуализируются при помощи прелестных картинок, которые называются *диаграммами Фейнмана*. Допустим, частица X отскакивает от электрона, при этом обмениваясь с ним какой-то новой частицей Y. Слева направо на

диаграмме показано следующее: появляются *X* и электрон, обмениваются частицей *Y* и разлетаются своими дорогами.



На диаграмме изображено не то, что может произойти: диаграмме соответствует число, сообщающее, насколько сильным является это взаимодействие — в данном случае, с какой вероятностью *X* отскочит от электрона. Согласно перекрёстной симметрии, каждому такому явлению соответствует другой процесс такой же силы, который можно изобразить, повернув диаграмму на 90 градусов, а во всех линиях, направление которых изменилось, заменить частицу на античастицу. Пример результата перекрёстной симметрии показан на следующем рисунке.



На диаграмме изображена аннигиляция электрона и позитрона (античастицы, соответствующей электрону) с образованием частицы *Y*, которая затем распадается на *X* и анти-*X*. Эта диаграмма связана с предыдущей по принципу перекрёстной симметрии

В теории поля каждой частице соответствует своя античастица,

имеющая противоположный электрический заряд. Античастица электрона называется «позитрон», она имеет положительный заряд. Согласно перекрёстной симметрии, первое явление, отскок частицы *X* от электрона, подразумевает, что есть и аналогичное явление, при котором электрон аннигилирует с позитроном и в результате порождается наша частица *X*, а также её античастица.

И вот что получилось в итоге. Мы экспериментировали со столкновениями электронов и позитронов, ставили такие опыты часто и тщательно. С 1989 по 2000 год для этой цели в подземной лаборатории близ Женевы использовался Большой электрон-позитронный коллайдер (предшественник современного Большого адронного коллайдера). В ходе этих экспериментов электроны и позитроны сталкивались при немыслимых энергиях, а физики внимательно отслеживали всё, что возникало в итоге. При этом они всем сердцем надеялись найти новые частицы; открытие новых частиц, в особенности нежданных, — самая захватывающая сторона этой области физики. Но они не встретили ничего нового. Лишь известные частицы из Базовой теории, возникавшие в огромных количествах.

* * *

То же самое было проделано и для столкновений протонов с антипротонами, пробовали и разнообразные иные комбинации. Вердикт однозначен: мы открыли все элементарные частицы, которые только позволяют обнаружить наши самые ультрасовременные технологии. Перекрёстная симметрия не оставляет сомнений в том, что если бы от нас ускользали ещё какие-то частицы, взаимодействующие с обычной материей достаточно сильно, чтобы это сказывалось на обычной материи, то такие частицы должны были бы легко возникать при экспериментах. Но ничего такого не происходит.

Вероятно, нам ещё предстоит найти новые элементарные частицы. Просто они никак не влияют на обыденный мир. Тот факт, что мы ещё не нашли таких частиц, сам по себе многое сообщает о том, какие свойства у них должны быть; в этом сила квантовой теории поля. Любая частица, которую мы пока не нашли, должна обладать одним из следующих признаков:

1) она должна так слабо взаимодействовать с обычной материей, что такие частицы почти никогда не образуются, или

2) она может быть крайне массивной, поэтому может образоваться лишь при столкновениях столь высоких энергий, которые пока недостижимы даже в наших лучших ускорителях, или

3) она может быть исключительно короткоживущей, настолько, что,

едва образовавшись, сразу распадается на другие частицы.

Если бы какая-то из необнаруженных нами частиц существовала достаточно долго и взаимодействовала с обычной материей настолько сильно, что это могло бы отражаться на физических явлениях окружающего мира, то мы бы уже получили её в экспериментах.

Считается, что ещё одна разновидность пока не открытых частиц может существовать, и именно из этих частиц состоит тёмная материя. Астрономы, изучающие движения звёзд и галактик, а также крупномасштабную структуру Вселенной, убедились, что большая часть материи является «тёмной», то есть состоит из каких-то новых частиц, не относящихся к Базовой теории. Частицы тёмной материи должны быть достаточно долговечны, иначе они давным-давно бы распались. Но они не могут достаточно сильно взаимодействовать с обычной материей, так как в противном случае уже давно были бы открыты в одном из многих экспериментов, призванных обнаружить тёмную материю, — физики ведут такие опыты прямо в наши дни. Чем бы ни являлась тёмная материя, она определённо не делает погоды здесь, на Земле, — никак не связана ни с биологией, ни с сознанием, ни с человеческой жизнью.

* * *

В этом анализе есть очевидный изъян. Есть частица, которая, на наш взгляд, должна существовать, но которую пока так и не удалось обнаружить: это гравитон. Он лёгок и достаточно стабилен, чтобы возникнуть, но гравитация — настолько слабое взаимодействие, что все гравитоны, которые мы могли бы получить в ускорителе частиц, сразу будут поглощены множеством иных образующихся там частиц. Однако гравитация влияет на нашу повседневную жизнь.

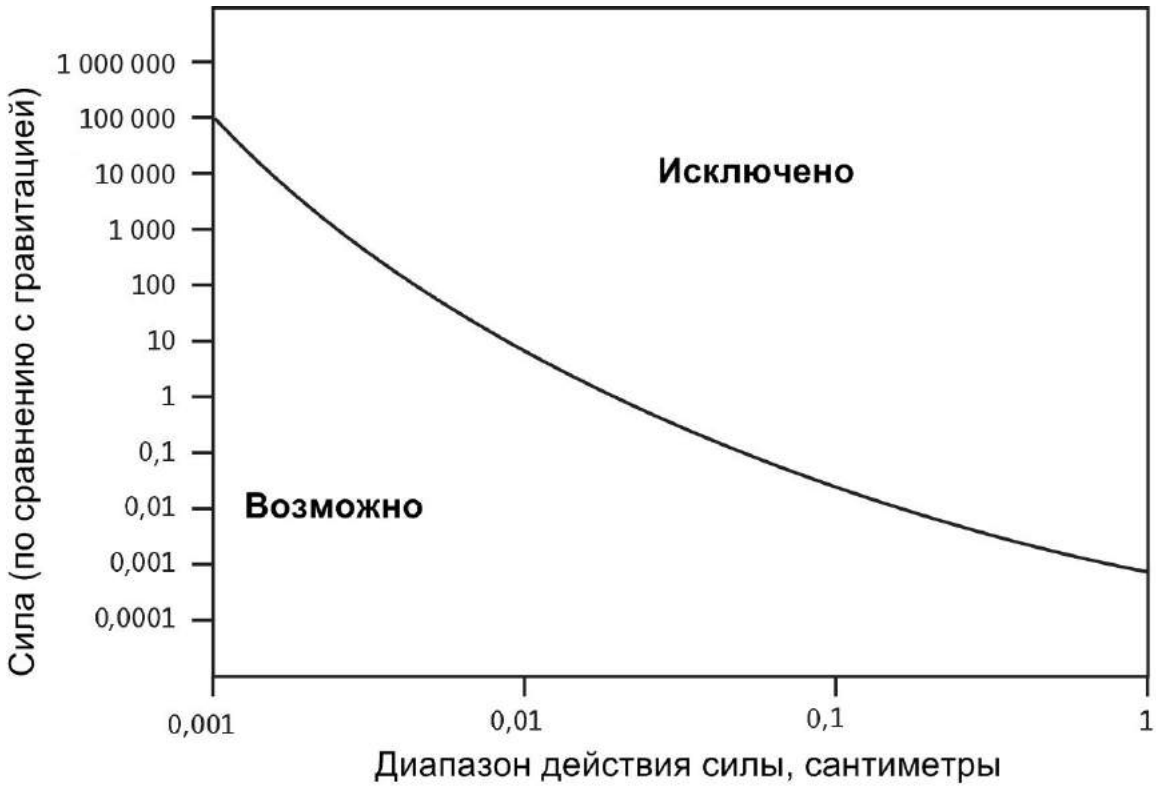
Основная причина, по которой гравитация так важна, заключается в следующем. Это дальнодействующая сила, которая накапливается: чем больше у нас вещества, оказывающего гравитационное воздействие, тем сильнее это воздействие. (Такая закономерность может не соблюдаться, скажем, для электромагнетизма, так как положительные и отрицательные заряды обнуляются, а гравитация всегда только усиливается.) Итак, хотя и нет надежды синтезировать или зафиксировать отдельный гравитон при столкновении двух частиц, общее гравитационное воздействие всей Земли даёт существенную силу тяготения.

Возможно, этой лазейкой «пользуется» и какая-то другая сила: при рассмотрении всего нескольких частиц она может быть несущественной, но вдруг она накапливается, если собрать вместе достаточно много материи? Физики уже много лет ищут такое «пятое взаимодействие». Пока

ничего не нашли.

Поиск новых взаимодействий значительно упрощается благодаря тому, что обычные объекты состоят всего из трёх видов частиц: протонов, нейтронов и электронов. Ещё одна черта квантовой теории поля заключается в том, что она не позволяет «включать» и «выключать» воздействия отдельных частиц; соответствующие им поля никуда не деваются. Можно генерировать макроскопические силы, правильно комбинируя положительные и отрицательные заряды, например в электромагните, но поля частиц всегда присутствуют. Итак, нужно искать взаимодействия между частицами этих трёх видов. Физики именно этим и занимаются: ставят безукоризненно точные эксперименты, при которых тела разного состава сначала сближаются друг с другом, а затем вновь удаляются; при этом ищут любой намёк на какое-либо влияние, не связанное с известными силами природы.

Результаты, полученные по состоянию на 2015 год, схематически представлены на следующем рисунке. Любые возможные взаимодействия между двумя заданными видами частиц имеют два числовых параметра: сила этого взаимодействия и расстояние, на котором оно ощущается. (Гравитация и электромагнетизм являются «дальнодействующими» силами, простирающимися фактически на бесконечные расстояния; зона влияния слабых и сильных ядерных взаимодействий очень мала — меньше размера атома.) Проще измерять сильные и при этом дальнодействующие силы. Существование подобных неоткрытых взаимодействий мы уже исключили.



Эксперименты показывают, что силы, которые могли бы действовать на обычную материю, подчиняются примерно таким ограничениям. Если какое-то взаимодействие пока не удалось выявить, то оно либо должно быть совсем слабым, либо действовать на очень небольшом расстоянии

Таким образом, если диапазон действия новой силы составляет более одной десятой доли сантиметра — что было бы необходимым условием, если бы она позволяла гнуть ложки или была тем механизмом, который позволяет Сатурну влиять на вас в момент вашего рождения, — то была бы значительно слабее гравитации. На первый взгляд кажется, «не так уж и слабо», но не забывайте, что сила гравитации исчезающе мала. Всякий раз, когда вы подпрыгиваете, крошечные электромагнитные силы вашего тела позволяют ненадолго преодолеть суммарную гравитацию всей Земли. Столь слабое взаимодействие, как гравитация, — это сила, составляющая одну миллиардную миллиардной миллиардной миллиардной от силы электромагнетизма. Ещё более слабое взаимодействие должно быть полностью пренебрежимо в повседневных условиях.

Здесь, в повседневной реальности, в мире людей, домов и машин, мы полностью каталогизировали все частицы, силы и взаимодействия, которые способны оказывать заметный эффект на что бы то ни было. Это колоссальное интеллектуальное достижение, которым человеческий род

может по праву гордиться.

Глава 24
Эффективная теория повседневного мира

Кажется, что все эти рассуждения о частицах и квантовых полях безнадёжно оторваны от «человеческой» части общей картины — вопросов, касающихся нашей личной и общественной жизни. Однако мы состоим из частиц и полей, подчиняющихся незыблемым законам физики. Всё, что мы могли бы предположить о человеке, должно согласовываться с природой и поведением тех частиц, из которых мы состоим, даже если они не дают нам полной картины всего. Понять, что собой представляют эти поля и частицы, как они взаимодействуют, — важнейший шаг к пониманию того, что означает быть человеком.

Из-за ограничений, накладываемых квантовой механикой и теорией относительности, квантовая теория поля оказывается исключительно строгой и неумолимой системой. Ориентируясь на эту строгость, можно прикинуть, насколько хорошо мы протестировали Базовую теорию, конкретную совокупность полей и сил, воздействующих на окружающий мир. Ответ: очень хорошо. Достаточно, чтобы не сомневаться: нам известны все частицы и взаимодействия, релевантные на этом уровне реальности, и в дальнейшем могут быть открыты лишь такие феномены, которые проявляются где-то за его пределами: на более высоких энергиях, коротких дистанциях, в более экстремальных условиях.

Но откуда мы знаем, что даже если мы не в состоянии непосредственно наблюдать новые частицы или поля, то они не могут оказывать некое малозаметное, но важное воздействие на известные нам частицы? Ответ на этот вопрос подводит нас к ещё одному аспекту квантовых полей: так называемой *эффективной теории поля*. В квантовой теории поля модификатор «эффективный» не означает «результативно работающий и согласующийся с данными». На самом деле эффективная теория — это эмерджентная аппроксимация более глубокой теории. Это специфичная, надёжная и контролируемая аппроксимация — всё благодаря силе квантовой теории поля.

Если у нас есть некоторая физическая система, то одни её аспекты будут нас интересовать, а другие — нет. Эффективная теория моделирует лишь те аспекты системы, которые для нас важны. Не интересующие нас вещи или слишком малозаметны, чтобы привлечь наше внимание, или испытывают такие колебательные изменения, которые в среднем

компенсируют друг друга. Эффективная теория описывает макроскопические признаки, возникающие на базе более полного микроскопического описания.

Эффективные теории исключительно полезны в самых разных ситуациях. Когда мы описывали воздух как газ, а не как совокупность молекул, мы фактически использовали эффективную теорию, поскольку движения отдельных молекул нас не волновали. Другой пример: Земля вращается вокруг Солнца. Планета Земля состоит примерно из 10^{50} отдельных атомов. Практически невозможно описать, как нечто столь сложное движется через пространство, — возможно ли вообще думать о том, чтобы отследить траектории всех этих атомов? Но нам этого и не требуется: можно отслеживать всего одно интересующее нас значение, а именно: положение центра массы Земли. Рассуждая о движении крупных макроскопических объектов, мы почти всегда пользуемся эффективной теорией движения их центров масс.

* * *

Идея эффективной теории применяется повсеместно, но проявляется во всей красе именно при работе с квантовыми полями. Всё дело в догадке нобелевского лауреата Кеннета Уилсона, глубоко задумавшегося о природе «полей» в квантовой теории поля.

Уилсон обратил внимание на факт, не являющийся секретом для физиков: если у нас есть вибрирующее поле, то такие колебания всегда можно разбить на составляющие, которые соответствуют конкретным длинам волн. Именно это мы и делаем, пропуская луч света через призму и разлагая его на радужный спектр: красный цвет — это длинноволновая вибрация электромагнитного поля, синий — коротковолновая, и так со всеми остальными цветами. В квантовой механике частота коротковолновых вибраций выше и, соответственно, они обладают большей энергией, чем длинноволновые. Нас интересуют низкоэнергетические, длинноволновые вибрации; как раз их легко получить и наблюдать в повседневной жизни (если, конечно, в быту вам не приходится иметь дело с ускорителями частиц или высокоэнергетическими космическими лучами).

Итак, Уилсон полагает, что квантовая теория поля по природе своей обладает отличным механизмом для создания эффективных теорий: можно отслеживать лишь длинноволновые/низкоэнергетические вибрации поля. Коротковолновые вибрации никуда не деваются, но на уровне эффективной теории они всего лишь влияют на свойства длинноволновых вибраций. Эффективные теории поля позволяют судить о низкоэнергетических

явлениях, а по меркам физики частиц все явления, наблюдаемые в повседневной жизни, — низкоэнергетические.

Например, нам известно, что протоны и нейтроны состоят из *u*-кварков и *d*-кварков, которые удерживаются вместе благодаря глюонам. Кварки и глюоны, проносящиеся на огромных скоростях внутри протонов и нейтронов, — это коротковолновые вибрации поля. Нам не требуется ничего о них знать, чтобы рассуждать о протонах и нейтронах и об их взаимодействии друг с другом. Есть эффективная теория протонов и нейтронов, которая превосходно работает, пока мы не пытаемся различить отдельные кварки и глюоны.

Этот простой пример демонстрирует важные аспекты работы эффективных теорий. Во-первых, обратите внимание на то, что те сущности, о которых мы говорим, — онтология теории — могут совершенно по-разному описываться в эффективной теории и в более полной микроскопической теории. Микроскопическая теория рассматривает кварки, эффективная теория — протоны и нейтроны. Это пример эмерджентности; терминология, которой мы пользуемся при описании флюида, совершенно отличается от терминологии описания молекул, хотя и флюид, и молекулы существуют в одной и той же физической системе.

Изумительную простоту и мощность эффективных теорий можно продемонстрировать всего на двух примерах. Во-первых, в основе любой эффективной теории может лежать много разных микроскопических теорий. Это множественная реализуемость в контексте квантовой физики. Следовательно, нам не требуется знать всех деталей микротеорий, чтобы уверенно судить о макроскопических явлениях. Во-вторых, любая эффективная теория обычно обладает крайне ограниченным набором динамических свойств. Квантовые поля при низких энергиях просто не допускают большего разнообразия. Расскажите мне, какие частицы охватывает ваша теория, и мне останется всего лишь измерить некоторые их параметры, например массы и силы взаимодействий, после чего теория будет полностью описана. Точно так же, как с планетами, вращающимися вокруг Солнца: ничего страшного, что Юпитер — горячий газовый гигант, а Марс — холодная скалистая планета; обе планеты движутся по орбитам так, что движение центров их масс подчиняется законам Ньютона.

Вот почему мы так уверены, что Базовая теория принципиально верна в своей области применения. Даже если бы на микроуровне происходило нечто принципиально иное — там вообще не было бы не только теории поля, но и ни пространства, ни времени в нашем понимании, — то

эмерджентная эффективная теория при этом так и оставалась бы обычной теорией поля. Фундаментальная основа реальности может коренным образом отличаться от чего бы то ни было, что может вообразить себе любой из живших на свете физиков; но при этом в нашем повседневном мире физика всё равно будет подчиняться законам квантовой теории поля.

* * *

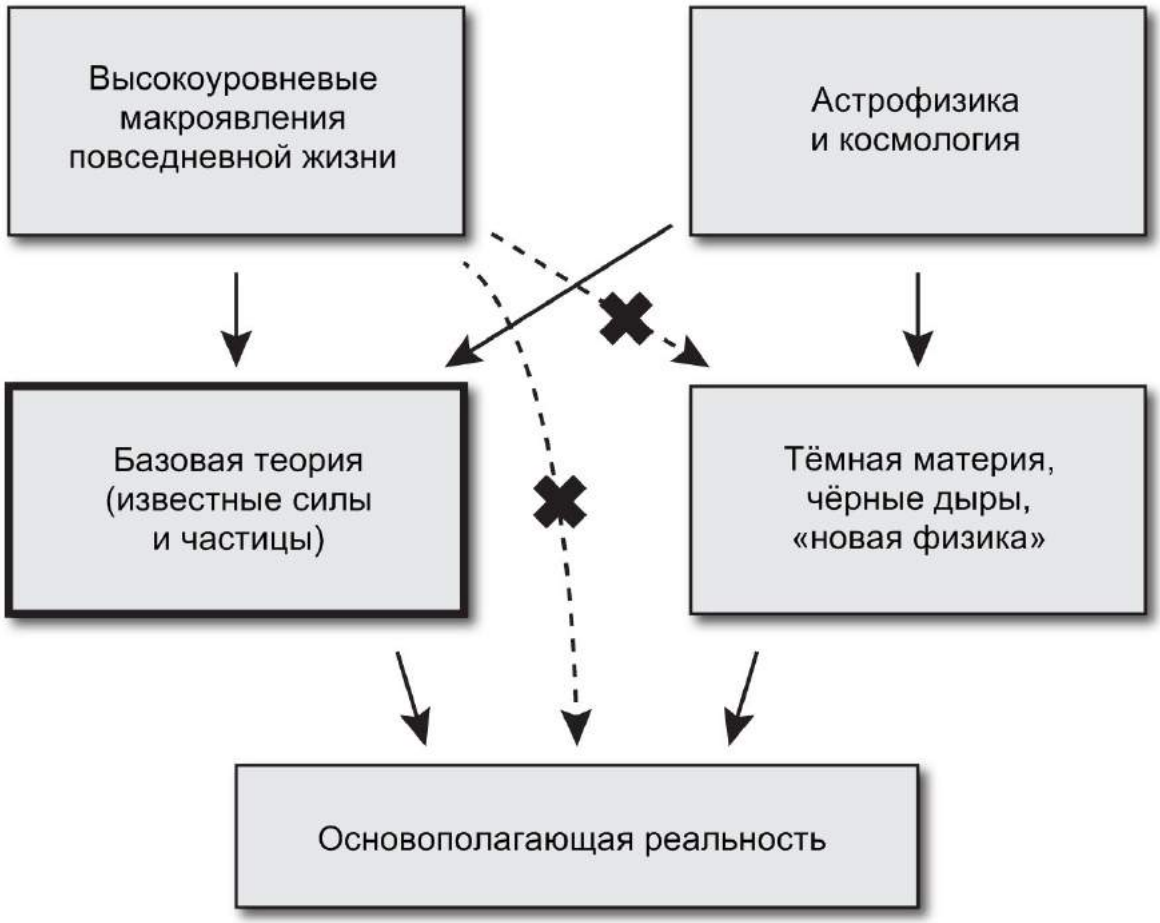
Всё это звучит устрашающе, если только вы не физик, работающий над формулировкой Теории Всего, но обратная сторона проблемы такова: мы уже практически обзавелись очень хорошей Теорией Некоторых Низкоэнергетических Явлений, в частности понимаем все те явления, с которыми сталкиваемся в повседневной жизни.

Мы знаем, что Базовая теория — не истина в последней инстанции. Она не учитывает тёмную материю, из которой состоит бо́льшая часть вещества во Вселенной, не описывает чёрные дыры и не позволяет понять, что произошло в момент Большого взрыва.

Следовательно, можно себе представить, что эта теория может быть улучшена, если дополнить её некой «новой физикой», которая адекватно бы описывала астрофизические и космологические феномены. В таком случае мы сможем представить области применения различных теорий в виде диаграмм Венна, рассматривавшихся в главе 12. Астрофизикам недостаточно Базовой теории, но весь наш повседневный опыт уверенно вписывается в область её применения.

Эту идею можно сформулировать и иначе, задумавшись, какие явления зависят от каких иных явлений — что над чем *главенствует*, как сказали бы философы. Это показано на следующем рисунке. Астрофизические феномены зависят не только от Базовой теории, но и от новой физики. И всё это, разумеется, зависит от одной и той же основополагающей реальности. Однако самое важное — тот факт, что эмерджентные феномены, которые мы наблюдаем в повседневной жизни, *не* зависят ни от тёмной материи, ни от иной новой физики. Более того, они зависят от основополагающей реальности лишь постольку, поскольку зависят от частиц и взаимодействий Базовой теории. Такова сила квантовой теории поля. Вполне возможно, что разнообразные квантово-гравитационные парадоксы не сохраняются на глубинных уровнях основополагающей реальности, но это никоим образом не влияет на физику стульев, машин и центральной нервной системы; вся эта физика является подмножеством эффективной теории поля, относящейся к Базовой теории.

Именно сила эффективной теории поля позволяет нам утверждать: «на сей раз всё иначе», когда мы выступаем с дерзким заявлением о том, что все законы физики, лежащие в основе повседневной жизни, уже полностью известны. Когда Ньютон и Лаплас размышляли о великолепии классической механики, они, вполне возможно, допускали, что когда-нибудь её заменят более полные теории.



Различные способы рассуждения о мире и их взаимосвязь друг с другом. Сплошные стрелки демонстрируют, как одна теория зависит от другой; например, астрофизика зависит от Базовой теории, а также от тёмной материи и тёмной энергии. Прерывистыми стрелками показаны зависимости, которые могли бы существовать, но на самом деле не существуют; повседневная жизнь не зависит от тёмной материи, а зависит лишь от основополагающей реальности (посредством Базовой теории)

В итоге так и случилось: появились специальная теория относительности, общая теория относительности и квантовая механика. Ньютоновская теория — хорошее приближение в своей области применения, но в конечном счёте она отказывает и нам требуется более качественное описание реальности.

Новизна ситуации в том, что, даже если Ньютон и Лаплас считали свои идеи верными лишь в определённом контексте, они не представляли, как далеко простирается этот контекст. Ньютоновская теория тяготения очень хороша для Земли и для Венеры, но уже не столь точна при изучении

орбиты Меркурия, чья крошечная прецессия стала одним из наиболее убедительных доказательств в пользу эйнштейновской общей теории относительности. Но Ньютон явно не мог предположить, каковы пределы точности его теории.

Однако в случае с эффективной теорией поля такая конкретика есть. Эффективная теория поля полностью описывает все явления, происходящие в определённых полях, если только энергии этих полей не превышают известного предела, а сами явления действуют на расстоянии, превышающем минимальный предел (пределы были выяснены экспериментально). Узнав все параметры эффективной теории поля, мы знаем, что будет происходить в наших полях при любом мыслимом эксперименте, относящемся к области её применения, даже если мы пока не поставили такого эксперимента.

Именно это особое свойство квантовой теории поля позволяет нам столь смело заявлять о пределах наших знаний.

* * *

Возможна масса неверных интерпретаций фразы «законы физики, лежащие в основе повседневной жизни, полностью известны». Хотя это, бесспорно, и очень смелое заявление, легко счесть его даже более грандиозным, чем оно в самом деле является, а затем развенчать такое пафосное утверждение. Разумеется, оно не предполагает, что вся физика нам известна.

Кроме того, даже в безумно вольной интерпретации это не означает, что нам известно, *как всё устроено* в обыденной реальности. Никто в здравом уме не может считать, что у нас есть (или вот-вот будут) полные теории биологии, нейрофизиологии, погоды или, если уж на то пошло, электрического тока в обычных веществах. Эти феномены должны быть *совместимы* с Базовой теорией, но сами они эмерджентны. Как мы обсуждали в главе 12, чтобы понять эмерджентные феномены, нужны новые знания — следует искать закономерности (там, где они существуют), позволяющие описывать простые явления, вычленяемые из совокупности изменчивых элементов. Иногда само требование совместимости с основополагающей теорией уже о многом нам говорит — как в случае с планетами, вращающимися вокруг Солнца. Закон сохранения импульса сам по себе свидетельствует, что Земля не улетит в неизвестном направлении; отсутствие любых дальнодействующих сил, кроме гравитации и электромагнетизма, означает, что нельзя гнуть ложки силой мысли. Тем не менее, как правило, существует большая пропасть между «знать теорию на одном уровне» и «знать все эмерджентные теории, которые соответствуют

ей при том или ином огрублении».

Успех Базовой теории и наше понимание области её применения (благодаря принципам эффективной теории поля) предполагают, что существует колоссальная презумпция (субъективная вероятность по Байесу) в пользу трактовки макроскопических феноменов именно таким образом, чтобы они согласовывались с базовыми законами физики. Всегда возможны исключения. Однако, как мог бы сказать Дэвид Юм, если вы считаете, что определённое явление, бесспорно, идёт вразрез с Базовой теорией, то ваши доводы должны быть достаточно серьёзны, чтобы перевесить всю массу доказательств обратного.

* * *

Даже с оговорками, что наука ничего не доказывает и что всегда возможны сюрпризы, в нашей аргументации о полной изученности законов физики, управляющих повседневной реальностью, по-прежнему остаются некоторые небольшие изъяны. Для интеллектуала было бы нечестно отмахнуться от них, поэтому давайте их обсудим.

Самый очевидный вопрос: а что, если квантовая теория поля попросту не работает в той области применения, к которой относится повседневная реальность? По причинам общего характера это кажется очень маловероятным; признавая основные законы теории относительности и квантовой механики, вы так или иначе вынуждены признавать и квантовую теорию поля. В областях, где гравитация очень сильна, например в окрестностях Большого взрыва и в чёрных дырах, теория поля вполне может отказать. К счастью, у вас в комнате нет чёрных дыр. Но ради полноты картины мы должны признать, что такая возможность существует.

Второй возможный изъян — пожалуй, более весомый, чем первый, — заключается в следующей гнетущей проблеме: мы не вполне понимаем квантовую механику. *Возможно*, что у нас уже есть все основные элементы квантовой онтологии (волновые функции, уравнение Шрёдингера, описывающее развитие систем) и остаётся только интерпретировать то, как этот формальный аппарат описывает реальный мир. В данном случае от изъяна остается пшик. Действительно, во всех популярных подходах к квантовой механике никакого изъяна нет: в квантовой механике просто негде нарушить общие принципы эффективной теории поля.

Однако, поскольку у нас пока нет общепринятой формулировки квантовой механики, теоретически возможно, что ни одна из наиболее популярных альтернатив не является верной. Можно себе представить, что верная теория квантовой механики в конечном итоге покажет, например, что схлопывание волновых функций не является случайным. Может быть,

существуют тонкости квантовых измерений, которые пока не удалось зафиксировать экспериментально. Однако, когда они будут обнаружены, это значительно повлияет на наши представления о биологии или сознании. Это возможно.

Ещё один изъян заключается в том, что, возможно, «новая физика» кроется не в новых динамических законах, а в чём-то, чего мы ещё не понимаем об исходных условиях во Вселенной — скорее, каких-то предусловий, а не предопределённости. Кажется, что ранняя Вселенная была устроена очень просто, — это было место с низкой энтропией, а значит (согласно больцмановскому определению энтропии), в такой Вселенной могло сложиться не так много состояний. Однако как минимум мыслимо, что тогда Вселенная пребывала в очень особенном виде и в ней существовали какие-то крайне неочевидные корреляции, которые продолжают влиять на наш мир и сегодня. У нас нет прямых причин в это верить, но данный вариант заслуживает места в нашем списке изъянов.

Наконец, существует явное возражение, которое заключается в том, что одной лишь физики недостаточно для хорошего описания мира. Реальность может не ограничиваться физическим миром. Мы серьёзно обсудим такую возможность в главе 41.

Наиболее вероятный сценарий дальнейшего развития таков: Базовая теория останется исключительно хорошей моделью в своей области применения, а мы будем изучать мир и далее, всё лучше понимая, как он устроен «выше», «ниже» и «сбоку» от этой модели. Мы долго считали, что атомы состоят из ядра, вокруг которого вращается некоторое число электронов; теперь известно, что ядро слагается из протонов и нейтронов, которые, в свою очередь, состоят из кварков и глюонов. Тем не менее, узнав о протонах и нейтронах, мы не перестали верить в атомные ядра, а также продолжаем верить в протоны и нейтроны после открытия кварков и глюонов. Аналогично даже спустя ещё сто тысяч лет научного прогресса мы по-прежнему будем доверять Базовой теории, её полям и взаимодействиям. Надеюсь, что к тому времени мы будем глубже понимать мир, но Базовая теория никуда не денется. Такова сила эффективных теорий.

Глава 25
Почему существует Вселенная?

Я с малых лет полюбил Вселенную. Лёжа в постели вечером, уже засыпая, я часто размышлял о расширении космоса, о том, как всё выглядело вскоре после Большого взрыва, какие ещё вселенные могли бы существовать, — пока мне на ум не пришла такая мысль: а что, если бы наша Вселенная вообще не возникла? Если бы на её месте было просто *ничто*? И всё тут. Той ночью я так и не заснул.

Это классические вопросы, они возникают из-за скрытого убеждения в том, что существованию нашей Вселенной должно быть какое-то объяснение. В 1697 году Готфрид Лейбниц — которого мы помним как апологета «принципа достаточного основания» и «принципа наилучшего», а также как одного из изобретателей дифференциального исчисления — в своём сочинении «О глубинной природе вещей» отмечал, что достаточно удивителен сам факт существования чего бы то ни было. В конце концов, «ничто» проще, чем какое-либо «нечто», существует всего один вид «ничто» и множество разновидностей «нечто». Не так давно британский философ Дерек Парфит вторил Лейбницу, утверждая: «Может показаться удивительным, что что-либо вообще существует».

Эти вопросы распространены, но это ещё не означает, что они правильны. Сидни Моргенбессера, крайне популярного профессора философии из Колумбийского университета, прославившегося своей афористичной мудростью, однажды спросили: «Почему существует нечто, а не просто ничего?».

«Если бы существовало только ничто, — немедленно парировал Моргенбессер, — вас бы и это не устроило».

Если отвлечься от подобных проблем и афоризмов, перед нами встают два интересных вопроса, которые звучат схоже, но серьёзно различаются по смыслу.

1. *Могла бы* Вселенная просто существовать? Можно ли как минимум представить себе разумные сценарии, при которых Вселенная просто *есть* и она самодостаточна, либо необходимо представить что-либо вневселенское, чтобы объяснить её существование?

2. Каково *наилучшее объяснение* существования Вселенной? Если мы можем объяснить существование Вселенной, лишь апеллируя к чему-то вневселенскому, то что это такое? Не будет ли проще и лучше не

привлекать никаких дополнительных сущностей?

По Аристотелю, факт существования Вселенной часто приводится как доказательство в пользу бытия Бога. Далее этот тезис продолжается так: Вселенная своеобразна и получилась такой случайно — она вполне могла бы быть иной. Итак, должно существовать что-нибудь, что объясняло бы Вселенную, а затем что-то, что объясняло бы эту основу Вселенной, и так далее по цепочке оснований. Чтобы не угодить в кроличью нору бесконечной регрессии, требуется определить необходимую сущность — такую, которая обязана быть, причём без вариантов, а значит, она и не требует объяснения. Это существо — Бог.

Поэтические натуралисты не рассуждают о необходимости, когда речь заходит о Вселенной. Они предпочитают выложить все возможности, а затем попытаться определить, какую субъективную вероятность следует присвоить каждой из них. Может быть, существует окончательное объяснение; может быть, есть бесконечная цепочка объяснений; может быть, никакого объяснения нет вообще. Достижения современной физики и космологии позволяют совершенно недвусмысленно заключить: Вселенная вполне может существовать без всякой внешней поддержки. Почему она существует именно так, а не иначе — вот с этим стоит разобраться.

* * *

Начнём с относительно простого научно ориентированного вопроса: могла бы Вселенная существовать абсолютно сама по себе, либо что-то обязательно должно было её породить?

Как учил Галилей, одно из основополагающих свойств современной физики заключается в том, что предметы могут двигаться и обычно двигаются без всякой внешней причины или перводвигателя. Грубо говоря, то же справедливо и для Вселенной. Учёный не задал бы вопросы «Почему возникла Вселенная?» или «Чем поддерживается существование Вселенной?». Мы всего лишь хотим знать: «Согласуется ли существование Вселенной с нерушимыми законами природы или объяснение Вселенной нужно искать за пределами этих законов?».

Вопрос осложняется тем, что мы не знаем, каковы именно законы природы на самом деле. Рассмотрим проблему, неразрывно связанную с существованием Вселенной: существовала ли она вечно или возникла в определённый момент — предположительно после Большого взрыва?

Никто не знает. Будь на нашем месте Пьер-Симон Лаплас, веривший в классическую физику Ньютона и насмехавшийся над самой идеей того, что Бог когда-либо мог вмешиваться в устройство природы, то он ответил бы просто: Вселенная существует вечно. Пространство и время незыблемы и

абсолютны, причём, в сущности, не важно, что происходит с материей, перемещающейся в пространстве. Время продолжается из бесконечного прошлого в бесконечное будущее. Разумеется, вы всегда вправе рассматривать и другие теории, но в неизмененной ньютоновской физике Вселенная не имеет начала.

Наступил 1915 год, Эйнштейн представил свою общую теорию относительности. Он объединил пространство и время в четырёхмерное пространство–время, а пространство–время не абсолютно — оно динамично, растягивается и сморщивается, реагируя на воздействие материи и энергии. Вскоре мы узнали, что Вселенная расширяется, что позволило предположить, что в прошлом существовала сингулярность и произошёл Большой взрыв. В классической общей теории относительности Большой взрыв — самый первый момент в истории Вселенной. С него началось время.

Затем, в 1920-е годы, мы открыли квантовую механику. «Состояние Вселенной» в квантовой механике — это не просто конкретная конфигурация пространства–времени и материи. Квантовое состояние — это суперпозиция многих различных «классических» возможностей. Поэтому правила игры полностью меняются. В классической общей теории относительности Большой взрыв — это начало пространства–времени; в квантовой общей теории относительности — какова бы она ни была, поскольку никто пока не представил полную формулировку такой теории, — мы не знаем, было у Вселенной начало или нет.

Есть два варианта: либо Вселенная вечна, либо у неё было начало. Дело в том, что квантовомеханическое уравнение Шрёдингера допускает два очень разных решения, соответствующих двум разным видам вселенных.

Согласно одной возможности, время фундаментально и Вселенная изменяется с течением времени. В таком случае уравнение Шрёдингера трактуется однозначно: время бесконечно. Если Вселенная действительно развивается, то она развивалась всегда и будет развиваться неограниченно долго. У неё нет начала и конца. Могут быть моменты, напоминающие наш Большой взрыв, но такие фазы должны быть временными, а после них Вселенной становится «больше», чем до такого события.

Другая возможность заключается в том, что время, в сущности, не фундаментально, а эмерджентно. В таком случае у Вселенной могло быть начало. У уравнения Шрёдингера есть такие решения, которые вообще не предполагают развития вселенных; вселенные просто существуют в неизменном виде.

Может показаться, что всё это лишь математические изыски, не имеющие никакого отношения к реальному миру. В конце концов, кажется совершенно очевидным, что время течёт, проходит мимо нас. В мире классической физики вы были бы правы. Время либо течёт, либо нет; поскольку в нашем мире время идёт, возможность существования безвременной Вселенной не слишком существенна с физической точки зрения.

В квантовой механике всё иначе. Она описывает Вселенную как суперпозицию различных физических возможностей. Мы словно допускаем различные варианты бытия «классического» мира и укладываем их в стопку, получая таким образом квантовый мир. Предположим, мы выбрали очень специфический ряд вариантов бытия мира: конфигурации обычной физической Вселенной, но соответствующие разным моментам времени. Вся Вселенная в 12:00, вся Вселенная в 12:01, вся Вселенная в 12:02 и т. д. — только мы взяли моменты не с минутным интервалом, а отстоящие друг от друга гораздо ближе. Наложим эти конфигурации друг на друга и составим из них квантовую Вселенную.

Это Вселенная, не развивающаяся со временем, — квантовое состояние само по себе просто *есть*, оно неизменно и вечно. Но любой фрагмент этого состояния *выглядит как* один момент времени в развивающейся Вселенной. Каждый элемент квантовой суперпозиции выглядит как классическая Вселенная, которая откуда-то взялась и куда-то движется. Если бы в такой Вселенной существовали люди, то в каждый момент этой суперпозиции им всем бы казалось, что время течёт, — точно так же, как кажется и нам. Именно в таком смысле время в квантовой механике может быть эмерджентно. Квантовая механика позволяет рассматривать вселенные, которые фундаментально безвременны, но при определённом огрублении в них возникает эмерджентное время.

Если бы так и было, то проблема «первого» момента во времени вообще бы исчезла. Вся идея «времени» так или иначе оказывается просто аппроксимацией.

Не я это придумал — именно о таком сценарии ещё в начале 1980-х размышляли физики Стивен Хокинг и Джеймс Хартл, которые одними из первых стали разрабатывать тему «квантовой космологии». Они продемонстрировали, как построить квантовое состояние Вселенной, где время не является фундаментальным, а Большой взрыв — начало известного нам времени. Затем Хокинг написал книгу «Краткая история времени» и стал самым знаменитым учёным современности.

* * *

Идея о том, что у Вселенной есть начало — независимо от того, фундаментально или эмерджентно время, — наводит некоторых людей на мысль, что какая-то сила должна была породить Вселенную, и обычно эта сила отождествляется с Богом. Такая догадка оформилась в виде *космологического аргумента* бытия Бога. Истоки этой идеи прослеживаются вплоть до Платона и Аристотеля. В последние годы её отстаивал теолог Уильям Лэйн Крейг, выразивший эту идею в виде силлогизма.

1. Всё, что возникает, имеет причину.
2. Вселенная возникла.
3. Следовательно, у Вселенной была причина.

Как мы уже убедились, вторая посылка этого аргумента может быть как верной, так и ложной; мы просто пока этого не знаем — современные научные представления не позволяют ответить на этот вопрос. Первая посылка ложна. Говорить о «причинах» неуместно, рассуждая о глубинном устройстве Вселенной. Нужно ставить вопрос не о том, возникла ли Вселенная по какой-либо причине, а о том, согласуется ли начало времени с определённого момента с законами природы.

В течение жизни мы не сталкиваемся со спонтанным возникновением каких-либо объектов. Пожалуй, было бы простительно считать, что как минимум с очень высокой долей субъективной вероятности сама Вселенная также не могла возникнуть из ничего. Однако за этой безобидной с виду идеей скрываются две очень существенные ошибки.

Во-первых, говорить, что *у Вселенной было начало*, — не то же самое, что утверждать, будто она *спонтанно возникла*. Вторая формулировка, которая кажется естественной с обыденной точки зрения, сильно завязана на определённый способ восприятия времени. Факт спонтанного возникновения подразумевает, что вот только что чего-то ещё не было, а в следующий момент уже было. Однако, когда мы говорим о Вселенной, такой «предшествующий» момент просто не существует. Нет такого момента времени, который бы непосредственно предшествовал существованию Вселенной, все моменты времени обязательно связаны с уже существующей Вселенной. Вопрос заключается в том, может ли быть такой первый момент, мгновение времени, ранее которого ни одного мгновения не было. Такой вопрос просто не под силу нашей интуиции.

Иными словами, даже если во Вселенной был первый момент времени, неверно говорить, что она «возникла из ничего». Такая формулировка позволяет полагать, что было некоторое состояние бытия, «ничто», которое затем превратилось во Вселенную. Это не так; состояния

«ничто» не бывает, и прежде, чем началось время, не было никакой «трансформации». Просто был момент времени, ранее которого других моментов не было.

Во-вторых, ошибка — утверждать, что вещи не возникают из ничего просто так, а не задаваться вопросом, *почему* такого не происходит в наблюдаемом мире. Почему я считаю, что, как бы мне этого ни хотелось, передо мной не материализуется вазочка с мороженым? Ответ — потому что при этом нарушались бы законы физики, и в частности законы сохранения, согласно которым некоторые вещи с течением времени остаются постоянными — таковы импульс, энергия и электрический заряд. Я могу быть совершенно уверен в том, что вазочка с мороженым передо мной не возникнет, поскольку это нарушало бы закон сохранения энергии.

В том же духе логично полагать, что Вселенная не могла просто взять и возникнуть, ведь в ней полно материи, и эта материя должна была откуда-то взяться. В переводе на язык физики это означает: Вселенная обладает энергией, а энергия сохраняется — она ниоткуда не берётся и никуда не исчезает.

Здесь мы подходим к осознанию важного факта: оказывается, вполне возможно, что у Вселенной было начало, ведь, насколько нам известно, значения всех сохраняющихся количественных характеристик Вселенной (энергии, импульса, заряда) в точности равны нулю.

Неудивительно, что электрический заряд Вселенной равен нулю. Протоны имеют положительный заряд, электроны имеют равный им по модулю, но отрицательный заряд, а протонов и электронов во Вселенной, по-видимому, равное количество, что даёт общий нулевой заряд. Однако утверждать, что *энергия* Вселенной равна нулю, — совсем другое дело. Во Вселенной явно много объектов, обладающих положительной энергией. Итак, чтобы суммарная энергия Вселенной была равна нулю, в ней должно быть что-то, имеющее отрицательную энергию. Что же это?

Ответ — гравитация. В общей теории относительности есть формула, описывающая энергию сразу всей Вселенной. Оказывается, энергия однородной Вселенной — такой, где материя равномерно распределена в пространстве в очень больших масштабах, — в точности равна нулю. Энергия «материи», то есть вещества и излучения, положительна, но энергия, связанная с гравитационным полем (кривизной пространства–времени), отрицательная, причём это отрицательное значение как раз обнуляет энергию материи.

Если бы значение какой-либо сохраняющейся характеристики Вселенной, например энергии или заряда, было ненулевым, то в ней не

могло бы быть первого момента времени — при соблюдении законов физики. Первым моментом в такой Вселенной был бы тот, в котором существовали бы ранее не существовавшие энергия и заряд, что противоречит законам природы. Однако, насколько нам известно, наша Вселенная иная. Вероятно, ничто не мешало такой Вселенной, как наша, просто взять и возникнуть.

* * *

Наука недвусмысленно отвечает на вопрос, могла ли Вселенная существовать совершенно самостоятельно, без всякой внешней поддержки: да, могла. Мы пока не имеем исчерпывающего представления о законах физики, но ничто из того, что известно нам об этих законах, не указывает на необходимость какой-то поддержки, без которой Вселенная не могла бы существовать.

Однако в случае с подобными вопросами научный ответ устраивает не всех. «Ладно, — могут сказать нам, — мы понимаем, что есть такая физическая теория, которая описывает самодостаточную Вселенную, без всякого внешнего агента, который бы её породил или поддерживал её существование. Но эта теория не объясняет, *почему всё-таки существует Вселенная*. Ответ на этот вопрос придётся искать за пределами науки».

Иногда, атакуя с такого фронта, апеллируют к фундаментальным метафизическим принципам, которые якобы более «основательны», чем законы физики, и которые нельзя рационально отвергать. В частности, Парменид, один из досократовских греческих философов, выдвинул знаменитую максиму *«ex nihilo, nihil fit»* — «из ничего ничего не происходит». Даже Лукреций, древнеримский поэт, приблизившийся к современному натурализму более, чем кто-либо из представителей античности, разделял подобные убеждения. Если рассуждать таким образом, то не важно, смогут ли физики состряпать самодостаточные теории, согласно которым в космосе однажды наступил первый момент времени; такие теории по определению должны быть неполны, так как нарушают этот драгоценный принцип.

Вероятно, это наиболее вопиющий пример уклонения от сути дела в истории Вселенной. На вопрос, могла ли Вселенная возникнуть, если на то не было никаких первопричин, нам отвечают: «Нет, потому что ничто не может возникнуть без первопричины». Откуда мы это знаем? Если мы ни с чем подобным не сталкивались, то это ещё ни о чём не говорит — Вселенная отличается от различных внутривселенских объектов, с которыми нам приходится иметь дело в повседневной жизни. Ответы «мы не можем себе такого представить» либо «мы не в состоянии построить

разумные модели, в которых такое бы происходило» — тоже не приемлемы, поскольку такие представления и модели, конечно же, имеются.

В «Стэнфордской философской энциклопедии» — ресурс, который пишут и редактируют профессиональные философы, — статья «Ничто» начинается с вопроса: «Почему на свете существует нечто, кроме ничто?», на который сразу даётся ответ: «А почему бы и нет?». Хороший ответ. Нет никаких причин, по которым Вселенная не могла бы начаться с какого-то момента во времени, равно как нет причин, по которым она не могла бы существовать вечно даже без помощи каких-либо внешних причинных или стабилизирующих воздействий. Мы, как всегда, должны задавать вопрос, насколько точно те или иные конкурирующие теории согласуются с информацией, которую мы собираем, наблюдая реальную Вселенную.

* * *

Иными словами, наша задача — перейти от первого вопроса: «Может ли Вселенная просто существовать?» (да, может) — ко второму, более сложному: «Каково наилучшее объяснение существованию Вселенной?».

Ответ, разумеется: «Мы не знаем». Понимая, что время может быть эмерджентно и что законы физики отлично согласуются с тем, что во Вселенной был первый момент времени, нам, возможно, будет проще объяснить, *как* возникла Вселенная, но при этом всё равно совершенно неясно, *почему* она возникла. Непонятно, почему вообще существуют именно такие законы физики. Почему квантовая механика, а не классическая? Почему во Вселенной, по-видимому, три пространственных измерения и одно временное, а также именно такой паноптикум частиц и взаимодействий, который мы открыли?

Возможно, что некоторые из этих ответов частично помогают понять более широкий физический контекст. Так, в современных теориях гравитации предусматриваются сценарии, при которых число измерений пространства–времени в разных частях Вселенной может различаться. Возможно, существует какой-то динамический механизм, из-за которого измерений всего четыре.

Однако такой ответ не может быть полным. Во-первых, *почему* возник такой динамический механизм? Иногда учёные мечтают, как бы открыть, что законы физики в чём-то уникальны — что на свете могут существовать только такие законы. Вероятно, это нереалистичная, голубая мечта. Несложно представить себе самые разные варианты того, как могли сложиться законы природы. Возможно, Вселенная могла быть классической, а не квантовой. Возможно, она получилась бы ячеистой и напоминала шахматную доску, где с течением времени биты информации

перещёлкивались бы дискретными наборами. Возможно, вся реальность могла быть заключена в одной точке и там не было бы ни пространства, ни времени. Может быть, существовала бы Вселенная, вообще лишённая всяких закономерностей, где не было бы ничего такого, что можно было бы назвать «законами физики».

Окончательного ответа на этот вопрос «почему?» может и не быть. Вселенная просто существует — вот так, а не иначе, и это упрямый факт. Как только мы составим максимально исчерпывающую картину устройства Вселенной, в ней не останется более глубоких уровней, которые могли бы быть открыты.

Теисты полагают, что у них есть ответ получше: существует Бог, и Вселенная именно такова потому, что Бог желал видеть её такой. Натуралисты обычно находят такую точку зрения неубедительной. Почему существует Бог? Но на этот вопрос есть ответ или хотя бы попытка ответа, на что мы намекали в начале этой главы. Согласно такой аргументации, Вселенная появилась случайно: её могло и не быть либо она могла быть иной, поэтому её существование необходимо объяснить. Однако Бог *необходим*; его бытие безальтернативно, поэтому и дальнейших объяснений ему не требуется.

Однако Бог не необходим, поскольку необходимых сущностей не бывает. Возможны самые разнообразные варианты реальности: в некоторых из них есть сущности, которые было бы разумно отождествить с Богом, а в других нет. Нельзя обойти сложную проблему (необходимость выяснить, в какой именно Вселенной мы живём), просто полагаясь на априорные принципы.

Важна обоюдная честность. Учитывая, что принято понимать под словом «Бог», сам факт наличия закономерностей во Вселенной, в частности таких закономерностей, которые допускают существование человека, кажется более вероятным при теизме, чем при натурализме. Вероятно, заботливое божество предусмотрело бы во Вселенной возможности для обитания, а не сотворило бы просто голый космос. Если бы мы знали только о существовании Вселенной, подчиняющейся физическим законам, то упомянутое доказательство заставило бы нас склониться в пользу теизма.

Разумеется, у нас есть и другие доказательства. Как было показано в главе 18, натуралисты находят во Вселенной многие аспекты, которые плохо согласуются с теизмом и убедительно свидетельствуют против него. Теистическая аргументация смотрелась бы убедительнее, если бы она не ограничивалась тезисом «Бог хотел создать удобную для жизни

Вселенную, и поэтому мы здесь», а переходила к конкретным аспектам физического мира, в частности к таким, которые мы ещё не открыли. Если вы берётесь утверждать, что такие физические условия, как в нашей Вселенной, доказывают существование Бога, то также должны считать, что достаточно хорошо понимаете мотивацию Бога — достаточно, чтобы утверждать, что Бог скорее бы создал вот такую Вселенную, а не иную. И если это *так*, то логично задать и другие вопросы. Сколько галактик хотел создать Бог? Из чего Бог сотворил тёмную материю?

Ответы на эти вопросы могут существовать в рамках натурализма или теизма. Либо можно просто жить дальше, принимая Вселенную такой, какая она есть. Однако мы не вправе требовать таких объяснений, которых Вселенная, возможно, не может нам дать.

Глава 26
Тело и душа

Возможно, в другом мире, чуть-чуть отличающемся от нашего, та женщина, которую мы знаем как принцессу Елизавету Богемскую, могла бы стать влиятельным и прославленным философом или учёным. На самом деле мы узнали о её идеях, прежде всего, из её переписки с великими мыслителями своего времени, особенно с Рене Декартом. Елизавета, известная своей добродетелью и набожностью, в конце жизни была властной настоятельницей крупного монастыря в Саксонии. Однако наиболее выдающимися качествами этой женщины были её свободомыслие и критический ум, поэтому она даже оспаривала одно из самых известных убеждений Декарта о дуализме души и тела, согласно которому душа или разум — это нематериальная субстанция, обособленная от тела. Если это так, допытывалась она, то каким образом две эти сущности общаются друг с другом?

Сейчас мы ответили бы так: наши тела состоят из атомов, которые, в свою очередь, состоят из элементарных частиц, а эти частицы подчиняются уравнениям Базовой теории. Если вы хотите сказать, что разум — обособленная субстанция, а не просто одна из дефиниций совокупного воздействия всех этих частиц, то как эта субстанция взаимодействует с частицами? В чём неверны уравнения Базовой теории и каким образом их следует исправить?

* * *

В начале XVII века Священная Римская империя была рыхлой конфедерацией городов-государств, большей частью расположенных на территории современной Германии. Одним из наиболее влиятельных княжеств было Курфюршество Пфальц — союз муниципалитетов, разбросанных по берегам Рейна. Там в 1618 году родилась Елизавета Зиммерн ван Палландт, дочь Фридриха V, курфюрста Пфальцского и Елизаветы Стюарт, которая приходилась дочерью королю Англии Джеймсу I. Мы могли бы подумать, что Елизавете выпало бурное детство, хотя, пожалуй, в те времена все отпрыски королевских семей росли в такой обстановке.

Елизавета Пфальцская, настоятельница Герфордского аббатства, княгиня Богемская, 1618–1680

Елизавета выросла не в Богемии. После краткого и малоуспешного правления в Богемии её родители были вынуждены искать убежища в Нидерландах. Некоторое время Елизавета воспитывалась у бабушки в

Гейцдельберге, а затем в возрасте девяти лет отправилась в Гаагу вместе с остальными членами изгнанного семейства. В ходе всех этих перипетий она умудрилась получить обширные познания — в частности, изучала философию, астрономию, математику, юриспруденцию, историю и классические языки, на которых говорила так бегло, что братья и сёстры прозвали её «гречанкой». Отец умер, когда Елизавете было двенадцать, оставив её на попечение совершенно не интересовавшейся ею матери, которая лишь поддевала Елизавету за её серьёзные академические манеры. Домашняя обстановка тяготила её, поскольку порядочность она ценила выше придворного этикета.

Елизавета не жила той беззаботной и роскошной жизнью, какой было положено жить принцессе, однако ей удавалось активно и увлечённо участвовать как в интеллектуальных, так и в политических событиях. Она решительно выступала за социальную справедливость, дружески поддерживала Уильяма Пенна и других видных квакеров, несмотря на то что их убеждения могли противоречить духу кальвинизма, в котором её воспитали. Насколько известно, всего однажды она получала предложение вступить в брак — к ней посватался престарелый король Владислав IV Польский, с которым она никогда не встречалась лично. Польский сейм одобрил бы такую партию только при условии, что Елизавета перейдёт в католическую веру; она отказалась, поэтому свадьбу отменили.

В 1667 году Елизавета ушла в монастырь Герфордского аббатства, где впоследствии стала настоятельницей. В монашестве она не превратилась в отшельницу, а продолжала активно заниматься филантропией и гуманитарной деятельностью, предлагая в своём аббатстве приют всем, кого преследовали за убеждения. Кроме того, она фактически управляла тем городом, рядом с которым располагалось аббатство. Она умерла в 1680 году, но, уже будучи смертельно больной, успела привести все дела в порядок и написать прощальное письмо сестре Луизе.

* * *

В нашем мире Рене Декарт определённо преуспел, став влиятельным и прославленным философом и учёным. Как мы знаем, он с глубоким скептицизмом относился к физическому миру и в конечном итоге верил лишь в собственное существование (и бытие Бога), добиваясь всего в жизни самостоятельно. Однако в данный момент нас интересуют взгляды Декарта на дуализм души и тела.

Именно в «Размышлениях о первой философии», той самой работе, где Декарт постулировал собственное существование, он отстаивал идею о том, что разум не зависит от тела. Эта мысль не так уж и безумна. Как

живые организмы, так и неживые объекты явно состоят из «материи», но сознающие существа явно отличаются от бессознательной материи в одном важном отношении. Кажется, по крайней мере на первый взгляд, что душа или разум значительно отличается от тела.

Аргументация Декарта была довольно проста. Он уже обосновал, что можно сомневаться в существовании многих вещей, даже того стула, на котором сидишь. Поэтому не составляет труда усомниться в существовании собственного тела. Однако сомневаться в бытии разума невозможно — вы мыслите, а значит, разум действительно существует. При этом если сомневаться в реальности своего тела можно, а в реальности разума нельзя, то это должны быть две разные вещи.

Тело, развивал свою мысль Декарт, работает, как механизм, — у него есть материальные свойства, оно подчиняется законам движения. Разум — совершенно иная сущность. Мало того, что он не состоит из материи, разум даже не занимает определённого места в материальном мире. Чем бы ни был разум, он очень отличается от столов и стульев, обретается на каком-то совершенно ином уровне бытия. Такие взгляды называются *субстанциальный дуализм*, так как тело и разум в данном случае позиционируются как две разные субстанции, а не просто два разных аспекта однородной основополагающей материи.

Однако тело и разум, естественно, взаимодействуют друг с другом. Конечно же, мозг общается с телом, приказывая ему совершить то или иное действие. Декарт чувствовал, что такое воздействие работает и в обратном направлении: тело может влиять на разум. Такую позицию во времена Декарта разделяли немногие, хотя на первый взгляд она кажется практически неоспоримой. Если удариться обо что-нибудь пальцем, то, разумеется, в первую очередь страдает тело, но боль ощущает разум. Для картезианца-дуалиста мозг и тело постоянно сосуществуют в непрекращающейся череде воздействий и реакций.

* * *

Елизавета прочла «Размышления» Декарта в 1642 году, вскоре после первой публикации этой работы. Она была заинтригована, но отнеслась к книге скептически. К счастью для неё: 1) Декарт сам в то время жил в Нидерландах и 2) она была принцессой. Достаточно скоро ей довелось лично поделиться своими соображениями с философом.

Когда в 1631 году отец Елизаветы умер, её мать Елизавета Стюарт встала во главе необузданного семейства, обременённого долгами. Она часто проводила салоны, где коротали время политики, учёные, художники и авантюристы. Одно такое мероприятие, на котором присутствовала и

Елизавета, посетил Декарт, но образованной девушке не хватило духу самой вступить в беседу со знаменитым мыслителем. Вскоре она призналась в своём интересе к последним работам Декарта их общей подруге, которая и познакомила её с Декартом.

Никогда не помешает заручиться поддержкой особ королевской крови, даже если их семейство не властвует и даже бедствует. Поэтому при следующем визите в Гаагу Декарт вновь остановился в гостях у изгнанной королевы Богемской. Так сложилось, что Елизаветы тогда не было дома. Однако через несколько дней Декарт получил от неё письмо и началась переписка, которая продолжалась вплоть до смерти Декарта в 1650 году.

В письмах Елизаветы безукоризненный этикет сочетается с нетерпением интеллектуала и нежеланием говорить обиняками. После небольшой вежливой преамбулы она сразу переходит к тем проблемам, которые усматривает в декартовском дуализме души и тела. Её стиль требователен и критичен:

Как душа человеческая может определять душевное расположение человека таким образом, чтобы сподвигнуть его на произвольные поступки (учитывая, что душа — лишь мыслящая субстанция)? Ведь представляется, что вся определённость движения заключается в усилии, приложенном к сдвигаемому предмету, либо в воздействии движущегося предмета, который сдвигает другой, перемещаемый, или в свойствах или очертаниях поверхности такого предмета. Для первых двух случаев необходимо соприкосновение, для третьего — протяжённость. Если говорить о соприкосновении, Вы полностью исключаете участие души (таковой, как Вы её представляете), а нематериальное, как мне кажется, не может обладать протяжённостью. Поэтому прошу Вас предложить более полное определение душе, нежели содержится в Вашей «Метафизике».

Этот вопрос затрагивает самую суть разделения разума и тела. Вы утверждаете, что разум и тело воздействуют друг на друга, отлично. Но как именно? Что при этом происходит?

Здесь не обойтись фразой: «Пока мы этого не знаем, но рано или поздно выясним». Предположительно Елизавета не была физикалистом, то есть не считала, что мир состоит только из физической материи. В 1643 году так считали немногие. Она была благочестивой христианкой и, скорее всего, с готовностью верила, что жизнь не ограничивается тем миром, который непосредственно дан нам в ощущениях. Но при этом она была и предельно честна, поэтому не могла понять, как нематериальная сила позволяла бы перемещать материальное тело. Когда одно тело толкает другое, два этих предмета должны находиться в одном и том же месте. Но

разум нигде не «находится» — он не является частью физического мира. Разум может мыслить, например: «Понял — *Cogito, ergo sum*». Как же такая мысль заставляет тело взять перо и вывести им эти слова на бумаге? Как вообще представить нечто, не обладающее ни протяжённостью, ни положением в пространстве, но способное воздействовать на обычный физический объект?

Первый ответ Декарта получился чрезмерно заискивающим и в то же время несколько снисходительным. Он хотел остаться у принцессы в фаворе, но на первый раз вообще не воспринял её вопрос всерьёз, отделавшись вялым объяснением, что «разум» чем-то напоминает «тяжесть», но не вполне. Предложенный им аргумент сводился к следующему.

• Нас интересует, как нематериальная субстанция, такая как душа, может влиять на движения физического объекта — в нашем случае тела.

• Итак, «тяжесть» — это нематериальное свойство, а не физический объект как таковой. Но всё-таки мы часто говорим о тяжести как об эффекте, присущем физическим объектам: «Я не смог поднять этот пакет, так как он был слишком тяжёлым». Таким образом, мы приписываем этому свойству условную силу.

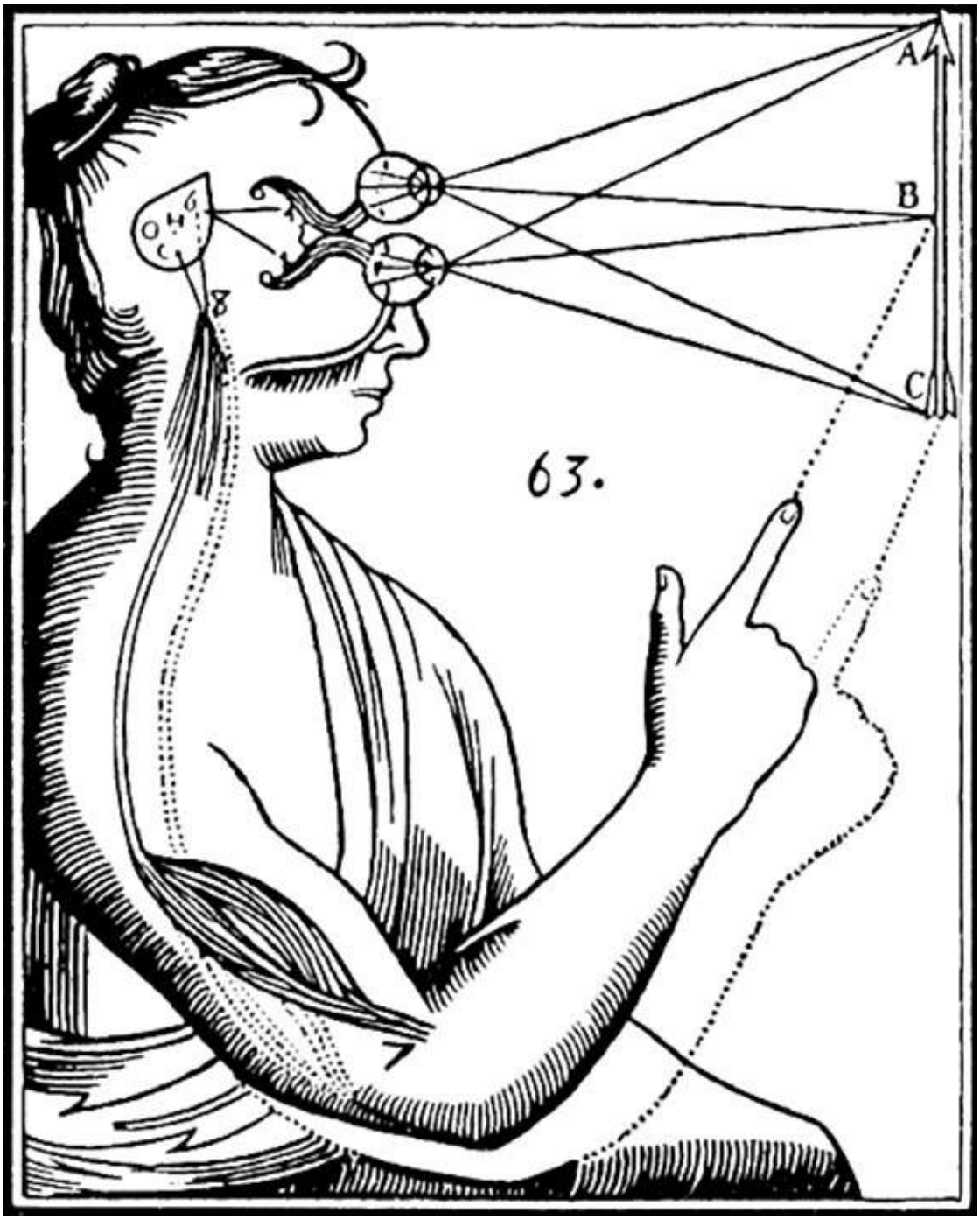
• Конечно же, сразу оговаривается он, разум не вполне таков, поскольку на самом деле *является* особой субстанцией. Тем не менее механизм воздействия разума на тело, пожалуй, аналогичен влиянию тяжести на объекты, хотя разум и является подлинной субстанцией, а тяжесть нет.

Если вы запутались, то это неудивительно, поскольку декартовское объяснение бессмысленно. Однако, по иронии судьбы, Декарт был недалёк от истины. Для поэтического натуралиста «разум» — просто одна из трактовок поведения определённых совокупностей физической материи, точно так же, как и «тяжесть». Проблема в том, что Декарт — никакой не натуралист. Ему потребовалось объяснить, как нечто нефизическое может воздействовать на нечто физическое, и предложенная им версия оказалась никуда не годной.

Елизавета ею не впечатлилась. В последующих письмах она продолжает допытываться у него об этой проблеме, объясняя, что отлично представляет себе, что такое тяжесть, но ума не приложит, как это помогает понять взаимодействие физического тела с нематериальным разумом. Она спрашивает, почему разум, совершенно не зависящий от тела, может так подвергаться его воздействию — например, почему подавленность так сильно притупляет рассудок.

Декарт так и не дал ей удовлетворительного ответа. Он считал, что разум и тело нельзя уподобить капитану и его кораблю, полагая, что разум заставляет материальный объект двигаться; нет, разум и тело «тесно связаны» и «переплетены друг с другом». Причём, предполагал он, это переплетение возникает в совершенно конкретном органе — эпифизе; это крошечная железа в мозге позвоночных, которая (как мы теперь знаем) выделяет гормон мелатонин, регулирующий ритмы сна и бодрствования. Декарт уделял внимание данному конкретному органу, поскольку казалось, что это единственная цельная, а не двухполостная часть мозга; при этом Декарт считал, что в каждый момент времени в мозге может быть только одна мысль. Он предполагал, что эпифиз — физический объект, который может подчиняться как «иррациональным началам» тела, так и воздействию нематериальной души, причём опосредует их взаимное влияние.

Предположение о том, что эпифиз служит «резиденцией души», так и не прижилось даже среди мыслителей, в остальном симпатизировавших картезианскому дуализму. Люди не оставляли попыток понять, как могут взаимодействовать разум и тело. Николя Мальбранш, французский философ, родившийся за несколько лет до того, как началась переписка между Елизаветой и Декартом, полагал, что Бог — *единственный* каузальный агент в мире и что все взаимодействия между разумом и телом опосредуются вмешательством Бога. Как позже отмечал Ньютон, рассуждая о зрении, «не так просто определить, какие разновидности или действия света порождают в наших умах иллюзию цвета».



Иллюстрация, демонстрирующая воздействие эпифиза, из трактата Декарта «О человеке» (рисунок Рене Декарта)

* * *

Ответ на вопрос о том, как нематериальная душа может взаимодействовать с материальным телом, и сегодня представляет для дуалистов огромную проблему — на самом деле, стало ещё сложнее

понять, как к нему подступиться. Хотя Елизавета и указывала на некоторые шероховатости этой идеи, она не привела неопровержимого аргумента в пользу того, что души и тела не могут взаимодействовать каким-либо образом. Она просто отметила важнейшую проблему дуалистического мировоззрения: сложно понять, как нечто нематериальное может влиять на движения чего-то материального. Иногда верующие указывают на тот или иной аспект натурализма, который пока не удаётся полностью истолковать — таковы, например, происхождение Вселенной, природа сознания, — и, не получив объяснения, объявляют о победе над натурализмом. Такие аргументы по праву заслужили уничижительную характеристику как апелляции к «Богу белых пятен», при которых доказательство божественного пытаются искать там, где пока остаются пробелы в нашей физической картине мира. Аналогично неспособность Декарта и его последователей объяснить, как взаимодействуют душа и тело, не подрывает основ дуализма раз и навсегда; утверждая обратное, мы бы впадали в «натурализм белых пятен».

Да, при этом отчётливо проявляются сложности, с которыми неизбежно сталкивается дуализм. Сегодня эти сложности даже существеннее, чем мог представить себе Декарт. Современная наука значительно полнее характеризует материальные взаимодействия, чем наука XVII века. Базовая теория современной физики подробнейшим образом описывает атомы и силы, лежащие в основе нашего тела и разума, в контексте жёсткой и строгой совокупности формальных уравнений, не оставляющих никаких лазеек для нематериальных воздействий. В то же время рассуждения о нематериальной душе не достигли такой степени точности. Вполне можно предположить, что душа перемещает протоны и электроны нашего тела каким-то образом, который мы пока не открыли. Однако такая версия подразумевает, что современная физика в корне ошибочна, хотя эту ошибочность пока и не удалось зафиксировать ни в одном контролируемом эксперименте. Как следует изменить уравнение Базовой теории (приведено в приложении), чтобы оно допускало влияние души на взаимодействия частиц в нашем теле? Это проблема, преодолеть которую весьма сложно.

Пока вопросы Елизаветы остаются без ответов. Британский философ XX века Гилберт Райл критически отзывался о так называемой догме Бога из Машины (термин самого Райла). Райл считал, что представление о разуме как о некой сущности, отдельной от тела, — это одна большая ошибка, причём не только применительно к работе мозга, но и в фундаментальном отношении. Мы определённо не вполне понимаем, как

движущаяся материя порождает мысли и чувства. Однако, насколько мы понимаем, составить такую картину должно быть гораздо проще, чем описать разум как совершенно самостоятельную сущностную категорию.

Другая стратегия практикующего дуалиста — отказаться от прямолинейного картезианского «субстанциального дуализма», где разум и материя считаются двумя разными субстанциями, и изобрести что-то более изящное. Идея *дуализма свойств* заключается в том, что есть всего одна субстанция — материя, но она обладает как физическими, так и ментальными свойствами. Можно себе представить, как принцесса Елизавета отнеслась бы к этой идее: «Итак, как же ментальные свойства влияют на физические?». Мы подробнее обсудим этот вопрос, но уже вполне очевидно, что, избирая дуализм свойств, мы просто отодвигаем решение проблемы на один шаг, а не снимаем её.

* * *

Несмотря на упорные сомнения в вопросе взаимодействия разума и тела, Елизавета оказала глубокое влияние на последующие работы Декарта. Они обсуждали научные тонкости, такие, например, как в этом абзаце из её письма.

Думаю, вы немедленно разочаруетесь в степени моей образованности, как только узнаете, что я не понимаю, как образуется ртуть, одновременно столь текучая и при этом тяжёлая, что противоречит тому определению тяжести, что вы давали. Кроме того, когда тело E на рисунке со с. 255 оказывает давление, будучи сверху, почему оно не противодействует этой силе, будучи снизу, как противодействовал бы воздух, покидая корабль, на который он оказывал давление?

Важнее, что Елизавета горячо упрекала Декарта в чрезмерной отстранённости и в том, что он сам не интересовался своей моральной и этической философией, указывала, что ему следует уделять больше внимания обыденной человеческой реальности и «страстям» (сегодня мы сказали бы «эмоциям»). Последняя опубликованная работа Декарта, посвященная Елизавете, называлась «Страсти души» и может считаться ответом на её указания.

Елизавета была ревностной христианкой времен поздней Реформации, а не представительницей современного натурализма. Она попала на страницы этой книги не в силу своих убеждений, а благодаря тому, каких подходов и методологий придерживалась. Её не устраивала «уютная» картина мира, где существовал бы дуализм души и тела, она без колебаний отвергла такое мировоззрение. Как всё работает? Как это двигает то? Как мы это узнаем? Хорошие вопросы, которые следовало бы задать,

независимо от того, как вы в конечном счёте воспринимаете фундаментальную природу реальности.

Глава 27
Смерть — это конец

Одно из самых потрясающих свойств Базовой теории, описывающей физику повседневной реальности, — это её *неизменность*. Мы описываем конкретную физическую ситуацию, например конфигурацию атомов и ионов в одном из нейронов мозга, и теория с величайшей точностью прогнозирует, как будет развиваться эта ситуация. В микромасштабе квантовая механика подразумевает, что результаты конкретных актов измерения будут выражаться не в точных значениях, а в вероятностных, но эти вероятности однозначно вписываются в теорию; стоит нам рассмотреть большую совокупность частиц — и поведение всей системы станет фантастически предсказуемым (как минимум для столь мощного интеллекта, как у демона Лапласа). Нет никакой неопределённости или белых пятен, которые ещё предстояло бы заполнить; уравнения показывают, как материя и энергия ведут себя в любой заданной ситуации, идёт ли речь о Земле, вращающейся вокруг Солнца, или об электрохимических импульсах, каскадом пронизывающих вашу центральную нервную систему.

Благодаря такой неизменности современная формулировка вопроса принцессы Елизаветы оказывается гораздо более наболевшей, чем она была в XVII веке. Будь вы физикалист, считающий, что мы состоим только лишь из частиц, описываемых Базовой теорией, либо считаете, что в человеке есть критически важный нефизический компонент, вы, конечно, признаёте, что элементарные частицы *входят в состав* человека. Если вы хотите сказать, что существует что-то ещё, то должны объяснить, как это «нечто» взаимодействует с частицами — иными словами, в чём Базовая теория является неполной и требует доработки.

Для того чтобы серьёзно подступиться к этой проблеме, не обязательно иметь «Теорию души», столь же строгую и проработанную, как Базовая теория физики. Однако обсуждать изменение Базовой теории следует, опираясь на конкретный, численный подход. Должен быть способ взаимодействия «душевного материала» с теми полями, из которых мы состоим, — с электронами, фотонами либо с чем-то ещё. Не нарушают ли такие взаимодействия законов сохранения энергии, импульса или электрического заряда? Оказывает ли материя ответное воздействие на душу, либо принцип действия и противодействия в данном случае

нарушается? Существует ли «виртуальный душевный материал» наряду с «реальным душевным материалом», и влияют ли квантовые флуктуации душевного материала на измеряемые свойства обычных частиц? Либо душевный материал не вступает в непосредственное взаимодействие с частицами, а просто влияет на квантовые вероятности, связанные с результатами измерений? Является ли душа одним из «скрытых параметров», играющим важную роль в квантовой онтологии?

Если вам угодно быть дуалистом и верить в нематериальную душу, которая бы играла какую-либо роль в нашем человеческом бытии, то нужно обязательно ответить на эти вопросы. Мы не устраиваем подставу, требуя выложить нам полноценную математическую теорию души; мы просто спрашиваем, как душа должна влиять на ту математическую теорию квантовых полей, которая у нас уже есть.

* * *

Ненадолго абстрагируемся от возможности существования нематериальной души или других нефизических эффектов, которые могли бы влиять на нашу земную жизнь. Рассмотрим более прямолинейную интерпретацию тех знаний, которыми сейчас располагаем: Базовая теория является основой всех явлений, с которыми мы сталкиваемся в повседневности, в том числе основой нас с вами. Как такая картина сказывается на наших представлениях о человеческих возможностях, а также нашем месте в мироздании?

Мы уже указывали на наиболее очевидное следствие Базовой теории: нельзя гнуть ложки силой мысли. На самом деле можно, но только традиционным способом: мозг посылает сигнал рукам, вы берёте со стола ложку и сгибаете её.

Аргумент прост. Ваше тело, и ваш мозг в частности, состоит из нескольких видов частиц (электронов, *u*-кварков и *d*-кварков), которые влияют друг на друга посредством нескольких сил (гравитации, электромагнетизма, сильных и слабых ядерных взаимодействий). Если вы не протянете руку и не дотронетесь до ложки, то любое ваше воздействие на неё будет осуществляться через одну из сил. Речь не идёт ни об одной из ядерных сил, поскольку они действуют лишь на микроскопических расстояниях. Речь не идёт и о гравитации, так как гравитация слишком слаба. (Не зная о Базовой теории, вы могли бы предположить, что достаточно всего лишь увеличить силу гравитации либо как-то иначе манипулировать ею. В реальном мире это не сработает. Совокупность частиц, например ваш мозг, создаёт хорошо предсказуемое гравитационное поле, определяемое его общей энергией. Мы не живём в научно-

фантастическом фильме.)

Остаётся электромагнетизм. В отличие от гравитации, потенциальной электромагнитной силы вашего тела вполне достаточно, чтобы гнуть ложки, — именно это и происходит, когда вы гнёте их руками. В сущности, все химические процессы происходят благодаря электромагнитным силам, воздействующим на электроны и ионы (ион — это заряженный атом, электронов в котором больше или меньше, чем протонов). Предельно упрощая сложный биологический процесс, можно сказать, что мышцы сокращаются, когда ионы кальция заставляют один белок (миозин) скользить по волокнам другого белка (актина), затрачивая на это энергию, запасённую в молекулах аденозинтрифосфата (АТФ). Это взаимодействие сравнительно небольшого множества электронов, ионов и электромагнитных сил, но его достаточно, чтобы вы смогли согнуть ложку так, как хотите.

Можно вообразить, что мозг был бы в состоянии каким-то способом фокусировать электромагнитную энергию и воздействовать на удалённые объекты, к которым человек не прикасается. Хотя мозг до отказа набит заряженными частицами, их электрическое поле большей частью нейтрализуется, поскольку число положительно заряженных протонов и отрицательно заряженных электронов практически равно. Вполне можно себе представить, что эти частицы могли бы двигаться и упорядочиваться нужным образом, генерируя электрическое или магнитное поле, которое позволяло бы согнуть ложку (заряженные частицы в состоянии покоя окружены электрическим полем, а в движении они вдобавок генерируют магнитное поле). В конце концов, нечто подобное происходит в радиопередатчиках и приёмниках: сигнал отправляется, когда движущиеся заряженные частицы порождают электромагнитные волны, а эти волны затем начинают двигаться внутри приёмников.

Если представить себе, что мозг работает подобно фантастическому притягивающему лучу, такая система не нарушит законов физики, но не будет функционировать по прозаическим причинам. Сам мозг имеет тонкую и сложную организацию, поэтому можно себе представить, что он генерирует сильное магнитное поле. Тем не менее, возникнув, такое поле окажется топорным инструментом. Ложки никакой сложной организацией не обладают — это просто инертные куски металла. Какое-либо электромагнитное поле, сгенерированное мозгом, отнюдь не станет фокусироваться на ложке так, как вы этого хотите; ведь его было бы крайне несложно заметить совсем по другим причинам. Любой металлический объект в зоне действия силового поля просто начинал бы летать, и

параметры поля можно было бы измерить обычными методами. Следует ли говорить, что подобное поле так и не было обнаружено, а многочисленные мистификации, при которых ложку якобы удавалось гнуть силой мысли, были разоблачены.

То же касается феноменов вроде астрологии. Лишь два поля других планет могут воздействовать на Землю: гравитационное и электромагнитное. Гравитация, опять же, слишком слаба, чтобы оказывать какое-либо влияние; так, воздействие гравитационного поля Марса на предметы, расположенные на Земле, сопоставимо с воздействием стоящего рядом человека. С электромагнетизмом ситуация ещё яснее: все электромагнитные сигналы с других планет просто теряются на фоне более прозаических источников электромагнетизма.

Конечно, вполне допустимо проводить тщательные двойные слепые исследования, пытаясь обнаружить парапсихологические или астрологические эффекты, но тот факт, что подобные эффекты несовместимы с известными законами физики, означает: вы будете проверять столь маловероятную гипотезу, что это вряд ли стоит ваших усилий.

* * *

Признавая, что Базовая теория является основой того мира, который мы воспринимаем в повседневной реальности, мы приходим ещё к одному глубокому выводу, а именно: жизни после смерти не существует. Каждому из нас как живому существу отведён конечный промежуток времени, и когда он заканчивается, после него уже ничего нет.

Логика такого утверждения ещё проще, чем аргументы против телекинеза и астрологии. Если каждое живое существо состоит лишь из частиц и сил, описываемых Базовой теорией, и не имеет нематериальной души, то информация, составляющая ваше «я», содержится в структуре атомов, образующих ваше тело, в том числе мозг. Эта информация никуда не переходит, она никоим образом не может сохраняться за пределами вашего тела. Нет таких частиц или полей, которые могли бы хранить и уносить эту информацию.

Такая точка зрения может показаться странной, поскольку, на первый взгляд, создаётся впечатление, что живое существо обладает некой «силой», или «энергией». Естественно, кажется, что как только живое существо умирает, её больше нет. Куда же, спрашивается, девается после смерти энергия, связанная с жизнью?

Фокус в том, что жизнь следует воспринимать как *процесс*, а не как субстанцию. Когда свеча горит, у неё есть пламя, определённо обладающее

энергией. Когда мы гасим свечу, её энергия никуда не «уходит». Свеча по-прежнему обладает энергией, содержащейся в её атомах и молекулах. Однако процесс горения прекращается. Так и с жизнью: жизнь — не «материя», а совокупность происходящих явлений. Когда этот процесс останавливается, жизнь прекращается.

Жизнь — это способ рассуждения о конкретной последовательности событий, происходящей на уровне атомов и молекул, упорядоченных нужным образом. Такая трактовка не всегда была очевидна: в XIX веке процветала доктрина под названием *витализм*, согласно которой жизнь зарождается от своеобразной искры, или энергии, которую французский философ Анри Бергсон назвал *élan vital* (жизненная сила). К настоящему времени эта идея уже разделила судьбу других подобных доктрин XIX века, предполагавших существование новых субстанций, которые сегодня считаются просто способами рассуждения о динамике обычной материи. Так, считалось, что существует «флогистон» — особый элемент, содержащийся в горючих веществах и выделяющийся при их сгорании. Сегодня мы знаем, что горение — это просто бурная химическая реакция, при которой молекулы соединяются с кислородом. Аналогично существовало представление о гипотетическом флюиде «теплороде», представляющем собой теплоту, заключённую в теле и перераспределяющуюся от более горячих объектов к более холодным. Сегодня мы понимаем теплоту как количество энергии, содержащейся в хаотических тепловых движениях атомов и молекул.

Вновь и вновь нечто, казавшееся нам когда-то своеобразной субстанцией, оказывается ещё одним свойством, присущим движущейся материи. То же касается и жизни.

* * *

Люди выдвигают прямые доказательства загробной жизни, в качестве которых приводятся околосмертные переживания и даже случаи реинкарнации. Зачастую утверждают, что пациенты, находившиеся при смерти, видели вещи, которые, вероятно, не видели ранее, либо что маленькие дети вспоминают о давно прошедших событиях, знать о которых не могли. После тщательной проверки выясняется, что абсолютное большинство таких свидетельств не столь существенны, как могли показаться. Известен случай Алекса Маларки (он честно использовал своё настоящее имя), который написал книгу «Мальчик, вернувшийся с небес» в соавторстве с отцом Кевином. После того как книга стала бестселлером и по ней сняли фильм, Алекс признался, что его история о попадании в рай и встрече с Иисусом во время околосмертных переживаний была целиком и

полностью выдумана.

Ни один заявленный случай посмертного опыта не проверялся в соответствии со строгими научными протоколами. Попытки были: было проведено несколько опытов, призванных найти подтверждение внетелесных переживаний у людей, побывавших при смерти. Исследователи посещали больничные палаты и, ничего не говоря больным или медперсоналу, прятали какой-либо визуальный маркер, который пациент должен был бы заметить, свободно «летая» вне тела. До сих пор не было ни одного случая, в котором кто-либо чётко увидел бы этот маркер.

Оценивая правдивость таких заявлений, нужно соотносить их с научными знаниями, полученными в гораздо более контролируемых условиях. Возможно, что известные законы физики принципиально ошибочны и человеческое сознание действительно может сохраняться после смерти тела; однако также возможно, что в экстремальных околосмертных состояниях люди галлюцинируют, а сообщения о «прошлой жизни» преувеличены или выдуманы. Каждый должен правильно расставлять априорные вероятности и уточнять их максимально объективно.

* * *

Может показаться, что глубоко ошибочно делать такие безоговорочные заявления о человеческих возможностях и их пределах на основе столь узкой и малопонятной дисциплины, как квантовая теория поля. Однако квантовые поля, бесспорно, часть нас с вами. Если человек *только из них* и состоит, то мы без труда должны понять, какова подоплёка этого факта для нашей жизни. Если есть ещё что-то, кроме квантовых полей, то логично пытаться понять это нечто (и искать доказательства его существования) и убедиться, что данное нечто является не менее точным, строгим и воспроизводимым, чем квантовая теория поля.

Если мы — совокупности взаимодействующих квантовых полей, то этот факт имеет грандиозные следствия. Дело даже не в том, что мы не можем гнуть ложки силой мысли, или в том, что после смерти наша жизнь прекращается. Законы физики, управляющие этими полями, однозначно безличные и нетелеологические. Если мы — всего лишь часть физической Вселенной, то человеческая жизнь не имеет какой-либо высшей цели, равно как её не имеет и вся остальная Вселенная. Сама концепция «личности» — это в конечном счёте способ рассуждения об определённых аспектах базовой реальности. Это хороший способ рассуждения, и у нас есть веские причины всерьёз относиться ко всем следствиям такого описания, в частности к тому факту, что у каждого человека есть

собственные цели и он может самостоятельно принимать решения. Лишь начиная воображать какие-либо силы или явления, которые противоречат законам физики, мы сбиваемся с пути.

Если мир, наблюдаемый в наших экспериментах, — лишь крошечная часть более обширной реальности, то эта реальность должна как-то влиять на видимый нами мир; в противном случае она почти ничего не означает. А если она действительно на нас влияет, это неизбежно должно сказываться и на законах физики, какими мы их понимаем. У нас не просто отсутствуют серьёзные доказательства в пользу такого влияния, но и нет даже каких-либо хороших версий того, в какой форме оно могло бы проявляться.

Перед естествоиспытателями стоит непростая задача — показать, что чисто физическая Вселенная, состоящая из взаимодействующих квантовых полей, действительно способна описать наблюдаемый макроскопический мир. Можно ли понять, как в мире без трансцендентной цели возникают порядок и сложность, даже с учётом возрастания энтропии, обусловленного вторым законом термодинамики? Можно ли осмыслить сознание и внутренний опыт, не апеллируя к внефизическим субстанциям или свойствам? Можно ли привнести в нашу жизнь смысл и мораль и разумно говорить о том, что правильно, а что неверно?

Давайте попробуем.

Часть IV
Сложность

Глава 28
Вселенная в чашке кофе

Уильям Пейли, британский священник, писавший на рубеже XVIII–XIX веков, предлагал читателю совершить воображаемую прогулку по одной из живописных английских вересковых пустошей. Идёте, размечтались и вдруг случайно ударились пальцем о камень. Пейли полагал, что вы немного расстроитесь, но не станете задумываться о том, откуда мог взяться этот камень. Камни — такая штука, которая вполне может попасться на пути, когда гуляешь по пустошам.

А теперь давайте предположим, что во время такой прогулки вы заметили прямо под ногами карманные часы. Вот вам уже и загадка: как они здесь оказались? Признаться, загадка не слишком сложная: вероятно, кто-то гулял здесь до вас и обронил их. Однако вам наверняка не пришло бы в голову, что часы лежат здесь с незапамятных времён. Камень — просто кусок вещества, а часы — тонкий и полезный механизм. Ясно, что кто-то должен был их изготовить: если есть часы, значит, есть и часовщик.

То же, по мнению Пейли, относится и ко многим другим вещам в природе. Он утверждает, что любое живое существо, встречающееся в естественном мире, — это «очередное подтверждение замысла». Дело здесь не только в сложности, но и в структурности, которая явно служит какой-то конкретной цели: природа требует своего «часовщика» — Конструктора, которого Пейли идентифицировал как Бога.

Давайте обсудим этот аргумент. Если вы нашли на земле часы, то, естественно, предположите, что кто-то их сделал. У нас в теле есть особые «механизмы», которые позволяют нам ощущать время. (Среди них есть белок, удачно названный CLOCK, синтез которого играет ключевую роль в регуляции наших суточных циркадных ритмов.) Человеческое тело гораздо сложнее механических часов. Поэтому предположение о том, что живые организмы были «спроектированы», не кажется натянутым.

Однако необходимо внимательно следить за тем, какая «натяжка» допустима. Дэвид Юм в своих «Диалогах о естественной религии» весьма обоснованно утверждал (ещё до того, как Пейли ввёл в оборот «аналогию с часовщиком»), что представление о Конструкторе и наше традиционное понимание Бога существенно различаются. Тем не менее аргумент Пейли оказался очень убедительным и не теряет популярности по сей день.

В 1784 году Иммануил Кант размышлял: «Для людей было бы нелепо

даже... надеяться, что когда-нибудь появится новый Ньютон, который сумеет сделать понятным возникновение хотя бы травинки». Разумеется, можно сформулировать непреложные механистические законы, описывающие движения планет и маятников, но при описании живого мира простыми шаблонами не обойтись. Должно быть нечто, что учитывало бы целенаправленную сущность живых организмов.

Сегодня мы разбираемся в вопросе лучше — мы знаем, кто оказался тем Ньютоном, объяснившим возникновение травинки: его звали Чарльз Дарвин. В 1859 году Дарвин опубликовал книгу «О происхождении видов путём естественного отбора», где изложил основы современной теории эволюции. Великий триумф Дарвина позволял объяснить не только историю жизни, зафиксированную в палеонтологической летописи, но и сделать это безотносительно какой-либо «цели» или внешнего вмешательства, то есть описать «конструкцию без Конструктора», как выразился биолог Франсиско Айала.

В сущности, любой практикующий профессиональный биолог в целом разделяет дарвиновское объяснение наличия сложных структур в живых организмах. Известно высказывание Феодосия Добжанского: «Ничто в биологии не имеет смысла, кроме как в свете эволюции». Однако эволюция происходит в более широком контексте. Дарвин исходит из того, что живые существа могут выживать, размножаться и случайным образом эволюционировать, а затем показывает, как естественный отбор влияет на эти случайные изменения, создавая иллюзию замысла. Итак, начнём с того, откуда же взялись все эти живые существа?

* * *

В нескольких следующих главах мы поговорим о возникновении сложных структур — в том числе живых существ, но не только — в контексте общей картины. Вселенная — это совокупность квантовых полей, подчиняющихся таким уравнениям, в которых даже не различаются прошлое и будущее, а тем более не заложено никаких долгосрочных целей. Как в мире могло возникнуть нечто столь организованное, как *человек*?

Кратко ответить на этот вопрос можно двумя словами: энтропия и эмерджентность. Энтропия порождает стрелу времени; эмерджентность позволяет говорить о сложных структурах, способных жить, развиваться, иметь цели и желания. Сначала обратим внимание на энтропию.

На первый взгляд роль энтропии в развитии сложности представляется парадоксальной. Согласно второму закону термодинамики, энтропия изолированной системы со временем возрастает. Людвиг Больцман объяснил нам, что такое энтропия: это способ подсчёта, сколько вариантов

расположения материи в системе на микроуровне будут неразличимы на макроуровне. Если существует много возможностей перераспределить частицы в системе так, что при этом её внешний вид не изменится, то система характеризуется высокой энтропией; если таких вариантов относительно немного, то энтропия системы низкая. Согласно Гипотезе прошлого, наша Вселенная зародилась в состоянии с очень низкой энтропией. С тех пор легко прослеживается второй закон термодинамики: с течением времени энтропия во Вселенной увеличивается просто потому, что энтропия возрастает легче, чем уменьшается.

Возрастание энтропии не исключает возрастания сложности, но может показаться, что два этих явления несовместимы, — всё дело в том, как мы иногда переводим технические термины на обычный язык. Мы говорим, что энтропия — это мера «неупорядоченности» или «случайности» и что она всегда возрастает в изолированных системах (таких, как Вселенная). Если общая тенденция такова, что материя тяготеет ко всё более случайным и дезорганизованным состояниям, то может показаться странным, что в природе возникают высокоорганизованные подсистемы, причём это происходит без всякой закулисной «направляющей».

Существует распространённый ответ на подобное возражение, который совершенно верен, однако не снимает основополагающую проблему. Он таков: «Второй закон характеризует рост энтропии в *закрытых* системах, таких, которые не взаимодействуют с окружающей средой. В *открытых* системах, обменивающихся энергией и информацией с внешним миром, энтропия, разумеется, может уменьшаться. Когда вы ставите бутылку вина в холодильник, энтропия в ней уменьшается, так как понижается температура. Энтропия в вашей комнате уменьшится, если вы провели уборку. Ничто из этого не нарушает законов физики, поскольку общая энтропия всё равно возрастает: решётка за холодильником нагревается, а человек потеет, кряхтит и излучает тепло, когда прибирается в комнате».

Пусть этот ответ и устраняет проблему «по букве», но он огибает её «по духу». Возникновение сложных структур в таком месте, как поверхность Земли, полностью согласуется со вторым законом термодинамики — глупо было бы утверждать обратное. Земля — исключительно открытая система, она постоянно излучает энергию во Вселенную, и общая энтропия Земли всё время возрастает. Проблема в том, что, хотя это и объясняет, почему сложно организованные системы *могли* возникнуть здесь, на Земле, мы не получаем ответа, почему это действительно *происходит*. Холодильник уменьшает энтропию своего

содержимого, но только остужая всё, что в нём лежит; холодильник не делает продукты более затейливыми или сложными. Комнаты тоже можно прибрать, но опыт подсказывает нам именно то, о чём говорил Пейли: такая работа требует вмешательства интеллекта. Комната никогда не приберётся спонтанно сама собой, даже если мы позволим ей взаимодействовать с окружающей средой.

Нам всё ещё приходится разбираться, как и почему законы физики допускают появление сложных, адаптивных, разумных, реагирующих на обстановку, развивающихся и заботливых существ — таких, как мы с вами.

* * *

Какой смысл мы вкладываем в понятия «простое» и «сложное» и как они связаны с энтропией? Интуитивно мы ассоциируем сложность с низкой энтропией, а простоту — с высокой. В конце концов, если энтропия тождественна «случайности» или «дезорганизованности», то нам кажется, что именно эти свойства отсутствуют у таких сложных систем, как наручные часы или броненосец.

Здесь интуиция немного нас подводит. Допустим, вы смешиваете сливки с кофе в стеклянной кружке. Поскольку мы ставим физический эксперимент, а не отправляем утренний ритуал, давайте сначала аккуратно нальём сливки поверх кофе, а только потом размешаем их ложечкой (помешивание ложечкой — внешнее вмешательство, которое, однако, не является ни интеллектуальным, ни направленным).

Сначала система обладает низкой энтропией. Существует не так много вариантов перераспределения атомов в сливках и кофе, при которых внешний вид этих жидкостей не изменился бы. Можно менять местами отдельные молекулы сливок или отдельные молекулы кофе, но как только мы начнём перемешивать сливки и кофе, наша стеклянная кружка станет выглядеть иначе. В конце концов всё перемешается и энтропия станет сравнительно высокой. Мы могли бы поменять любую часть полученной смеси на другую её часть, и при этом система внешне бы не изменилась. В течение всего описанного процесса энтропия возрастала, как и позволяет ожидать второй закон термодинамики.

Смешивание сливок с кофе. Исходное состояние простое, с низкой энтропией. Конечное состояние простое, с высокой энтропией. В промежуточном состоянии наблюдается интересная сложность

Однако оказывается, что сложность не уменьшалась по мере возрастания энтропии. Рассмотрим первую конфигурацию, где сливки и кофе существуют абсолютно раздельно; это состояние очень простое, но обладает низкой энтропией. Сливки сверху, кофе снизу, больше ничего не происходит. Конечная конфигурация, в которой всё перемешано, тоже очень проста. Она полностью характеризуется фразой: «Всё перемешано». Лишь промежуточная стадия между низкой и высокой энтропией кажется сложной. Язычки сливок змеятся в кофе необычными и красивыми завитками.

Кофейно-сливочная система демонстрирует свойства, которые весьма отличаются от упрощённого отождествления «возрастающей энтропии» и «уменьшающейся сложности». Энтропия возрастает в полном соответствии со вторым законом термодинамики; но сложность сначала возрастает, а затем уменьшается.

По крайней мере, именно так всё выглядит. Однако мы пока не дали чёткого определения понятию «сложность», тогда как определение энтропии у нас есть. Отчасти дело в том, что нет такого определения, которое было бы справедливо в любых обстоятельствах: сложность в

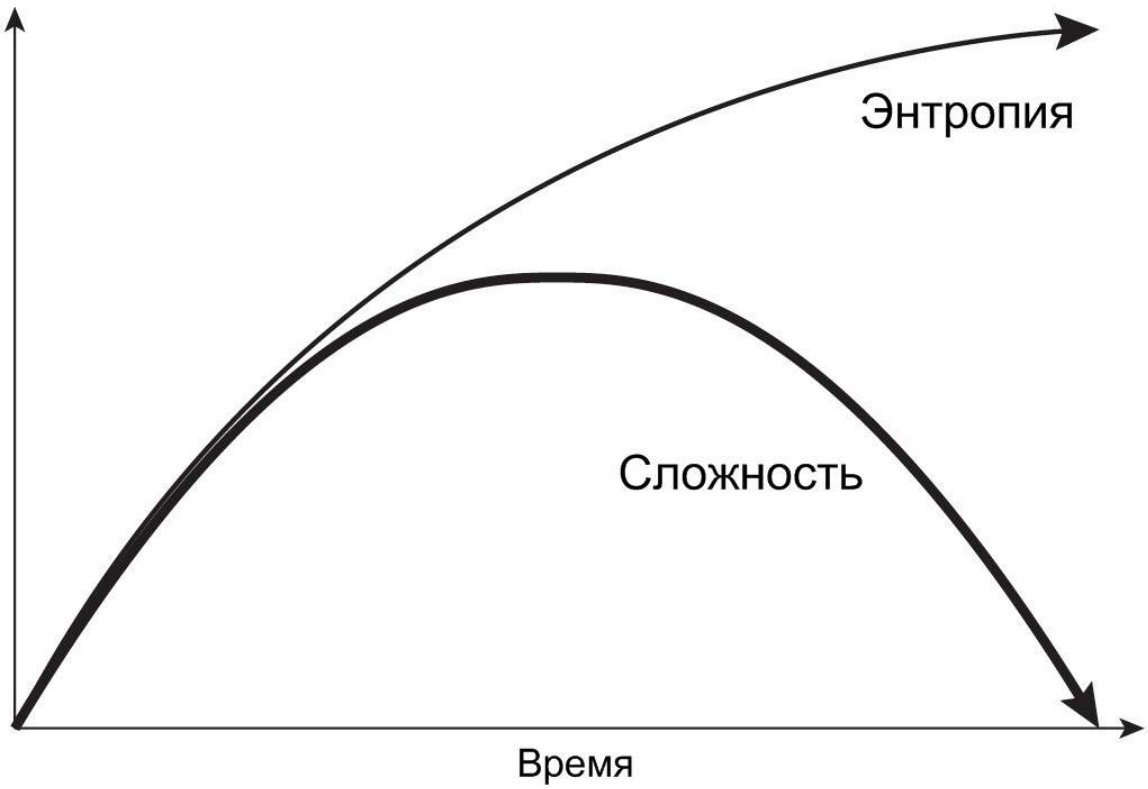
различных системах проявляется по-разному. Так и должно быть: сложность многообразна. Можно задаться вопросом о сложности конкретного алгоритма, разработанного для решения задачи, либо судить о сложности машины, реагирующей на ответные действия, о сложности статического изображения или проекта.

Пока давайте воспринимать сложность по принципу «увидим — не ошибёмся», а строгие определения будем формулировать, когда до этого дойдёт дело.

* * *

Не только в чашке кофе сложность по мере увеличения энтропии сначала возрастает, а затем уменьшается. Во Вселенной происходит ровно то же самое. В самом начале, сразу после Большого взрыва, энтропия была очень низкой. Состояние Вселенной также отличалось крайней простотой: она была горячей, густой, равномерной и стремительно расширялась. Вот и всё, что тогда происходило; во всех точках Вселенной условия, в сущности, не различались. В далёком будущем энтропия станет очень высокой, но условия опять станут простыми. Если подождать достаточно долго, Вселенная станет холодной и пустой и вновь приобретёт равномерность. Вся материя и излучение, которые мы сейчас наблюдаем, скроются за горизонтом наблюдения, их унесёт в стороны из-за расширения пространства.

Именно сейчас, между далёким прошлым и далёким будущим, Вселенная обладает средней энтропией, но исключительной сложностью. Изначально ровная конфигурация в течение нескольких последних миллиардов лет становилась всё более комковатой; на месте крошечных возмущений, где изменялась плотность материи, сформировались планеты, звёзды и галактики. Они не вечны; как мы убедились в главе 6, в конечном итоге все звёзды сгорят, их поглотят чёрные дыры, а затем испарятся даже сами чёрные дыры. Эпоха сложных явлений, в которой сейчас пребывает наша Вселенная, увы, временная.



Эволюция энтропии и сложности в закрытой системе с течением времени

Столь схожее развитие сложности в кофейной чашке и во Вселенной, даже с учётом постоянного возрастания энтропии, провокационно. Возможно ли, что существует какой-то ещё не открытый закон природы, аналогичный второму закону термодинамики, согласно которому происходит развитие сложности с течением времени?

Краткий ответ: «Мы не знаем». Чуть более развёрнутый: «Мы не знаем, но, возможно; а коли так, то есть серьёзные основания полагать, что этот закон — что неудивительно — окажется сложным».

* * *

Исследованием именно этой проблемы я сейчас и занимаюсь совместно с коллегами Скоттом Ааронсоном, Варуном Моханом, Лорен Уэллетт и Брентом Уэрнессом. Всё началось с путешествия под парусом по Северному морю. Мне довелось в нём поучаствовать в рамках необычной междисциплинарной конференции, посвящённой природе времени. Конференция получилась в буквальном смысле международной: началась в норвежском Бергене, продолжалась на судне во время путешествия по морю и завершилась в Копенгагене, столице Дании. Я читал пленарную лекцию, и среди слушателей был Скотт. Я немного рассказал о том, как

могла возникнуть сложность, далее коснулся вопроса о развитии закрытых систем, воспользовавшись примерами о кофе и Вселенной.

Скотт — один из мировых экспертов по «вычислительной сложности». Данная дисциплина помогает обобщать различные вопросы по категориям в зависимости от сложности решения этих вопросов. Проблема достаточно заинтриговала Скотта, и он решил в ней разобраться. Он подключил к делу Лорен, которая на тот момент была студенткой-старшекурсницей в MIT, и вместе они решили написать простой программный код, который бы автоматически моделировал смешивание сливок и кофе. После того как мы втроём подготовили первый черновой вариант статьи и выложили его в Интернет, нам написал Брент и указал на ошибку в наших результатах. Эта ошибка не подрывала общую идею, но указывала, что неверен тот конкретный пример, который мы рассматривали. Мы признали правоту Брента — считая, что наука должна двигаться вперёд, а отнюдь не стремясь проучить Брента за дерзость и испортить ему научную карьеру — и пригласили его к сотрудничеству. Скотт привлёк к делу Варуна, ещё одного старшекурсника из MIT, чтобы тот помог доработать код и смоделировать ещё несколько вариантов — и вот наконец мы смогли решить все наши проблемы. Таков научный прогресс во всей красе.

* * *

В ходе данного исследования нас особенно интересовала так называемая *явная сложность* чашки с кофе. В информатике выделяются схожие феномены, именуемые «алгоритмической сложностью» и «колмогоровской сложностью» последовательности разрядов. (Любое изображение можно представить в виде последовательности разрядов, записанных, например, в файле с данными.) Идея заключается в том, что можно подобрать тот или иной язык программирования, который позволяет выводить такие последовательности вида 01001011011101. Алгоритмическая сложность последовательности — это всего лишь длина кратчайшей программы, выполнение которой даёт такую последовательность. Сложность простых закономерностей невысока, а совершенно беспорядочные последовательности характеризуются большой сложностью. Существует единственный способ вывести такую последовательность: задать компьютеру команду «Print», которая содержит точную копию нужной последовательности.

Поскольку мы собирались описывать изображения, на которых показано, как сливки смешиваются с кофе, в нашей ситуации случайные помехи трактовались бы как «простые», а не как сложные. Итак, в духе больцмановских представлений об энтропии мы определили «явную

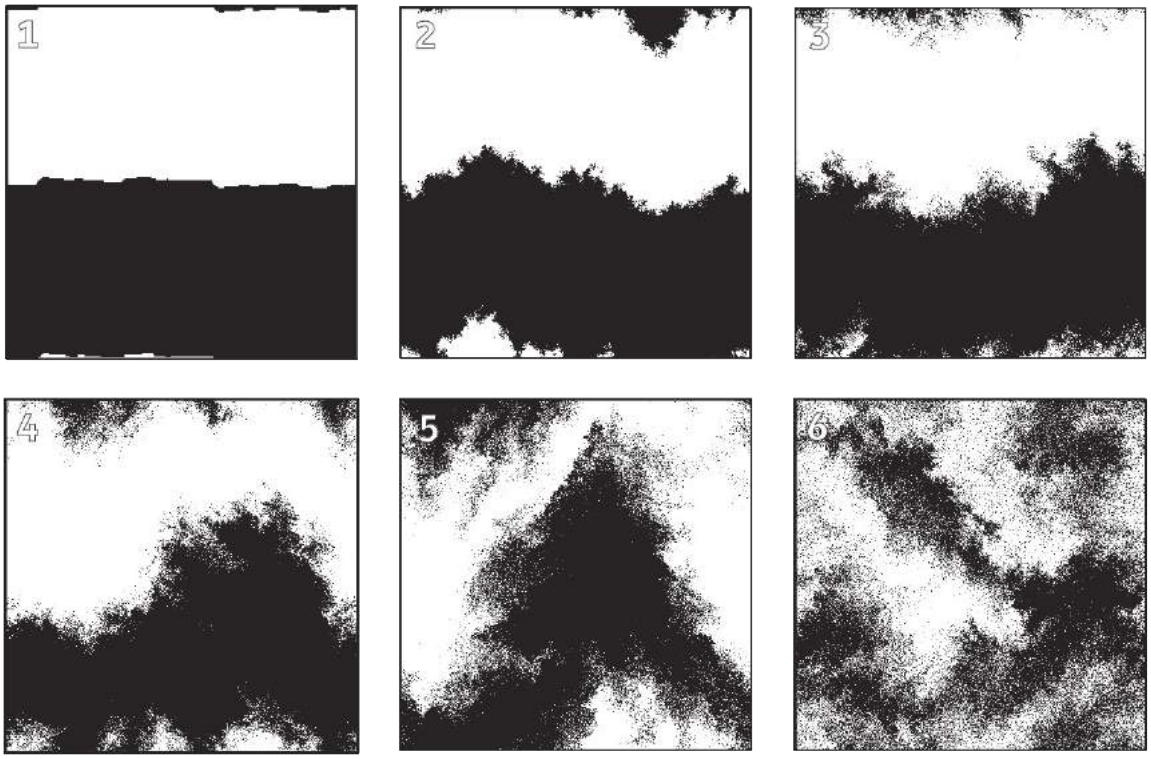
сложность» путём огрубления. Мы решили не отслеживать в нашей модели каждую отдельную частицу, а рассмотреть среднее количество частиц в небольшой области пространства. В таком случае явная сложность — это алгоритмическая сложность распределения кофе и сливок с известным огрублением. Это удобный способ формализации наших интуитивных представлений о том, «насколько сложным кажется изображение». Высокая явная сложность соответствует крупнозернистому (смазанному) изображению, в котором содержится множество интересных структур.

К сожалению, невозможно напрямую рассчитать явную сложность изображения. Но можно получить хорошее приближение: просто загоняем изображение в алгоритм сжатия файлов. На любом компьютере есть программы для таких операций, поэтому мы сразу взялись за дело.

В самом начале моделирования явная сложность системы невелика: полное описание системы — «сливки сверху, кофе снизу». В конце процесса явная сложность вновь низка: достаточно сказать, что в каждой точке содержится равное количество кофе и сливок. Самое интересное происходит в процессе смешивания. Мы обнаружили, что сложность развивается *не обязательно* — причём неважно, зависит ли она от того, как именно перемешиваются друг с другом сливки и кофе.

Грубо говоря, если молекулы сливок и кофе взаимодействуют лишь с другими ближайшими молекулами, то вы не заметите почти никакого развития сложности. Две жидкости просто постепенно перемешаются, никаких извилистых язычков не образуется.

Если ввести в систему дальнодействующие эффекты — как если бы мы помешивали кофе ложечкой, то станет гораздо интереснее. Тогда кофе со сливками не просто смешиваются — между ними возникает граница, имеющая форму фрактала. Получается изображение, обладающее высокой явной сложностью; чтобы точно его описать, нам бы понадобилось передать сложные контуры кофейно-сливочной границы, а это существенный объём информации.



Простая компьютерная модель, описывающая смешивание кофе и сливок. В самом начале конфигурация проста и постепенно усложняется. Дальнейшая эволюция вновь приведёт к её упрощению, поскольку тёмный и светлый компоненты полностью перемешаются

Отношение между понятиями «фрактальный» и «сложный» — не просто косметическое. Фрактал — это геометрическая фигура, которая выглядит практически одинаково при любом увеличении. В случае со сливками и кофе мы наблюдаем, как молекулы складываются в условно фрактальные узоры, а потом фракталы исчезают и сменяются равновесным состоянием. Это характерная черта сложности: самые интересные детали системы проявляются, если наблюдать её с увеличением, при наличии всего нескольких переменных параметров, а также когда вся система рассматривается как единое целое.

Как в физике, так и в биологии сложность зачастую возникает по иерархическому принципу: мелкие элементы объединяются в более крупные единицы, те — в ещё более крупные и так далее. Мелкие элементы остаются целостными, при этом взаимодействуя друг с другом в рамках целого. Так образуются сети, для которых характерно сложное общее поведение, возникающее на основе простых базовых законов. Автоматическая модель, описывающая кофе в чашке, слишком проста и не

позволяет достоверно смоделировать этот процесс, но фрактальные очертания напоминают, сколь устойчивой и естественной бывает сложность.

Если продолжать процесс, то постепенно вся явная сложность исчезнет. Кофе и сливки просто полностью перемешаются. Стоит подождать достаточно долго — и любая закрытая система достигнет равновесия, после чего уже не будет происходить ничего интересного.

* * *

Из сказанного выше следует, что нет такого закона природы, согласно которому сложность неизбежно возникает при развитии системы из состояния с низкой энтропией к состоянию с высокой энтропией. Однако сложность *может* развиться — и неважно, зависит она или нет от деталей той системы, о которой вы размышляете. Простая компьютерная модель позволяет предположить, что ключевой аспект заключается в наличии дальнодействующих эффектов, при которых взаимодействуют не только смежные частицы.

В реальном мире наблюдаются как короткодействующие взаимодействия (когда частицы сталкиваются друг с другом), так и дальнодействующие, например гравитация или электромагнетизм. Когда мы наблюдаем, что при расширении и остывании Вселенной образуются сложные структуры, мы видим всего лишь взаимное влияние противодействующих сил. Из-за расширения Вселенной расстояние между телами увеличивается, а гравитация заставляет их притягиваться друг к другу; магнитные поля отдаляют тела друг от друга, а столкновения атомов перемешивают материю и позволяют ей остывать. Если интересные сложные структуры могут возникнуть в компьютерной модели, включающей лишь чёрные и белые точки, то неудивительно, что сложность возникает в столь разнохарактерной системе, как расширяющаяся Вселенная.

Внешняя сложность не просто согласуется с возрастанием энтропии, но и *зависит* от него. Представим себе систему, в которой не было никакой Гипотезы прошлого; она просто с самого начала находилась в равновесном состоянии с высокой энтропией. Сложность в такой системе никогда бы не возникла; вся система постоянно оставалась бы неинтересной и не имела бы характерных черт (в ней наблюдались бы только случайные флуктуации). Единственная причина, по которой возникают сложные структуры, такова: Вселенная постепенно эволюционирует, переходя от состояния с очень низкой энтропией к состоянию с очень высокой энтропией. «Беспорядок» нарастает, именно поэтому сложность может

возникать и существовать достаточно долго.

Законы физики, действующие в микромире, не позволяют отличить прошлое от будущего. Поэтому любые тенденции, в силу которых объекты могут изменяться лишь в одном временном направлении — идёт ли речь о жизни и смерти, биологической эволюции или внешней похожести на сложные структуры, — в конечном итоге восходят к стреле времени, а значит, ко второму закону термодинамики. Возрастание энтропии с течением времени буквально оживляет Вселенную.

Явная сложность не охватывает всего того, что имеют в виду люди, восхищающиеся устройством часов или человеческого глаза. Примечательность часов или глаза в том, как гармонично взаимодействуют их различные компоненты, помогая достичь чего-то, якобы возникшего по замыслу. Нужно приложить чуть больше усилий, чтобы увидеть, как такие свойства могут возникнуть на уровне неживой материи, подчиняющейся простым законам. Неудивительно, что ответ на этот вопрос также связан со стрелой времени и возрастанием энтропии.

* * *

Прокладывая путь от квантовых полей и частиц до человека, мы будем затрагивать всё более сложные темы, а наши суждения будут соответственно всё менее определёнными. Физика — простейшая из всех естественных наук, а фундаментальная физика — изучение первоэлементов реальности на самом базовом её уровне — простейшая из физических дисциплин. «Простейшая» не в том смысле, что на дом по ней задают лёгкие задачи, а в том, что галилеевская уловка с игнорированием трения и сопротивления воздуха значительно упрощает нам жизнь. Можно изучать поведение электрона, не особо беспокоясь (или даже почти ничего не зная) о нейтрино или бозонах Хиггса — но добиваться как минимум очень хорошей аппроксимации.

Насыщенные и многогранные аспекты эмерджентных уровней нашего мира далеко не столь легко подстраиваются под интересы любознательного учёного. Когда мы начинаем работать с химией, биологией или человеческими мыслями и поведением, все эти элементы оказываются важны, причём все сразу. Поэтому мы достигли в их понимании значительно более скромных успехов, чем, например, в изучении Базовой теории. Школьные уроки по физике кажутся такими сложными не потому, что сложна сама *физика*, а потому, что мы так много о ней знаем и приходится так много учить, а ещё потому, что в основе своей физика довольно проста.

Наша цель — обрисовать возможность того, что мир в конечном итоге

можно понять на основе натурализма. Мы не знаем, как возникла жизнь и как устроено сознание, но можем утверждать, что практически нет причин искать объяснения этому за пределами естественного мира. Это убеждение, конечно, может оказаться ошибочным, но, опять же, так можно сказать о любом убеждении.

Задаваясь вопросом о том, совместимы ли наши представления о человеческой жизни с нашими знаниями об основах физики, мы можем сформулировать некоторые интересные ограничения, помогающие понять, что такое жизнь и как она устроена. Зная, из каких частиц и сил мы состоим, можно с очень высокой степенью уверенности заключить, что жизнь индивида конечна; наши лучшие космологические теории, пусть и уступающие в точности Базовой теории, позволяют утверждать, что «жизнь» в широком смысле также конечна. Вероятно, Вселенная должна достичь теплового равновесия. К этому моменту ничто живое уже не сможет существовать; жизнь зависит от возрастания энтропии, а в равновесном состоянии энтропии будет неоткуда взяться.

При чём тут язычки сливок, смешивающихся с кофе? Это мы. Эфемерные сложные существа, оседлавшие волну нарастающей энтропии, — от простого начала до простого конца. Так прокатимся с ветерком.

Глава 29
Свет и жизнь

Итальянский астроном Джованни Скиапарелли останется в истории как первооткрыватель «каналов на Марсе». В 1887 году, рассматривая в телескоп планету-соседку, Скиапарелли сообщил, что её поверхность изрезана длинными прямыми линиями, которые он назвал *«canali»*. Эта идея глубоко впечатлила людей по всему миру, среди которых был и американский астроном Персиваль Лоуэлл, руководивший строительством новой обсерватории в Аризоне и выполнивший множество наблюдений Марса. Полагая, что он видит на Марсе систему оазисов, связанных каналами, которые, казалось бы, даже изменяются с течением времени, Лоуэлл развивал замысловатые идеи о жизни на Красной планете, где якобы существует высокоразвитая цивилизация, пытающаяся выжить в суровом мире, где так мало драгоценной воды. Он популяризовал эти идеи в нескольких книгах, оказавших серьёзное влияние на общественное мнение и даже отчасти вдохновивших Герберта Уэллса на создание романа «Война миров».

Здесь сразу возникли две проблемы. Во-первых, сам Скиапарелли, хотя он и интересовался возможностью жизни на Марсе, никогда не утверждал, что видел на Марсе каналы. Итальянское слово *«canali»* следует переводить на русский язык как «русла», а не как «каналы». Русла возникают естественным путём, а каналы — это искусственные сооружения. Во-вторых, никаких русел Скиапарелли также не наблюдал. Те рисунки, которые он описал, были просто дефектами, возникшими при наблюдении далёкой планеты при помощи относительно примитивных приборов.

В настоящее время мы уже рассматривали Марс с достаточно близкого расстояния, в том числе при помощи многих орбитальных и спускаемых аппаратов, запущенных США, СССР, европейскими странами и Индией. (На момент написания этих строк Марс — единственная известная планета, населённая исключительно роботами.) Мы не нашли там никаких заброшенных городов или древних памятников архитектуры, но поиски жизни продолжаются. И речь идёт уже не об угасающей лоуэлловской цивилизации и не о злобных уэллсовских чудовищах на треногах — у нас определённо есть шанс найти где-то в Солнечной системе микроскопические формы жизни — если не на Марсе, то, возможно, в

океанах Европы, одного из спутников Юпитера (на Европе больше жидкой воды, чем во всех океанах Земли), либо на спутниках Сатурна Энцеладе и Титане.

Вопрос в том, узнаем ли мы её, когда найдём? Что же такое «жизнь»?

Этого никто не знает. Не существует единого общепризнанного определения, которое позволяло бы чётко отличать живое от неживого. Сформулировать его пытались. Агентство NASA, вкладывающее большие средства в поиски внеземной жизни, приняло рабочее определение живого организма: самоподдерживающаяся химическая система, подчиняющаяся дарвиновской эволюции.

Можно немного поспорить о «дарвиновской эволюции». Да, именно благодаря этому механизму живые существа возникли здесь, на Земле, но она не характеризует *суть* любого организма. Если вы заметите раненую белку и спросите: «Она жива?» — никто вам не ответит: «Я не знаю, давайте проверим, подчиняется ли она дарвиновской эволюции». Польза данного определения в том, что оно должно помочь разобраться со сложными случаями, например, когда учёные в будущем создадут искусственный организм. Если следовать такому критерию, то подобный организм сразу и без раздумий придётся признать неживым, что не особенно нам поможет. В настоящее время всё это — просто придирки; говоря о настоящей жизни, которую мы знаем и любим, можно быть уверенным, что эволюция играет в ней центральную роль.

«Верного» определения жизни, такого, к которому мы бы пришли путём тщательных исследований, не существует. Те формы жизни, которые нам знакомы, обладают рядом свойств, каждое из которых интересно и многие — примечательны. Тем живым организмам, которые мы знаем, присущи движение (внутри, если не снаружи), обмен веществ, взаимодействие, размножение и развитие; всё это организовано иерархическим взаимосвязанным образом. Очевидно, что жизнь — беспрецедентно важная часть общей картины.

Давайте начнём с общих принципов и постепенно перейдём к специфике возникновения жизни здесь, на Земле. Затем мы сможем рассмотреть ещё более широкую перспективу и обсудить, как живые существа развиваются и взаимодействуют друг с другом.

* * *

Одно из многих предлагавшихся определений жизни дал не кто иной, как Эрвин Шрёдингер, который также помог сформулировать фундаментальные принципы квантовой механики. В своей книге «Что такое жизнь?» Шрёдингер рассмотрел этот вопрос с точки зрения физика.

Наиболее фундаментальной он считал проблему баланса. С одной стороны, живые существа постоянно изменяются и двигаются. Взять, к примеру, гепарда, преследующего газель, либо сок, медленно поднимающийся к ветвям секвойи, — живые организмы всегда находятся в динамике. С другой стороны, все живые организмы имеют базовую структуру; при всех изменениях они обладают некоторой базовой целостностью. Шрёдингер размышлял: какой физический процесс позволяет так чётко проводить границу между статикой и динамикой?

Этот вопрос привёл Шрёдингера к определению жизни, которое кажется весьма отличным от определения NASA:

Когда мы считаем материю живой? Тогда, когда она продолжает «делать что-либо», двигаться, участвовать в обмене веществ с окружающей средой и т. д., — всё это в течение более длительного отрезка времени, чем, по нашим ожиданиям, могла бы делать неодушевлённая материя в подобных условиях.

Шрёдингер уделяет особое внимание «самоподдержанию» из определения NASA, которому большинство из нас просто не придали бы значения. В конце концов, многие феномены кажутся «самоподдерживающимися»: водопады, океаны и, если уж на то пошло, те самые неживые камни, об один из которых споткнулся Уильям Пейли.

Важнейшая идея здесь заключается в том, что живое существо «продолжает делать что-либо» в течение «более длительного отрезка времени, чем, по нашим ожиданиям, могла бы делать неодушевлённая материя в подобных условиях». Эта формулировка немного зыбкая; Шрёдингер не претендует на однозначное и вечное определение конкретной концепции. Он старается уловить, как мы воспринимаем жизнь на интуитивном уровне. Камень может сохранять форму на протяжении длительного времени, но он никогда не регенерирует. Камень может двигаться, например, если со склона обрушивается лавина; однако, как только он попадает к подножью, он останавливается и просто лежит на месте. Камень не попытается заползти обратно на склон, как это сделало бы животное.

Вот ещё один пример, когда кажется — хотя на самом деле это не так, — что живые организмы нарушают второй закон термодинамики. Оказывается, они — не просто организованные структуры, они к тому же могут сохранять такую организацию на протяжении длительного времени.

Как и в более раннем примере с эволюцией сложности, истина противоречит нашим наиболее наивным представлениям. Сложные структуры могут образовываться, причём не вопреки возрастанию

энтропии, а именно *потому*, что энтропия возрастает. Живые организмы способны поддерживать собственную структурную целостность не вопреки второму закону термодинамики, а благодаря ему.

* * *

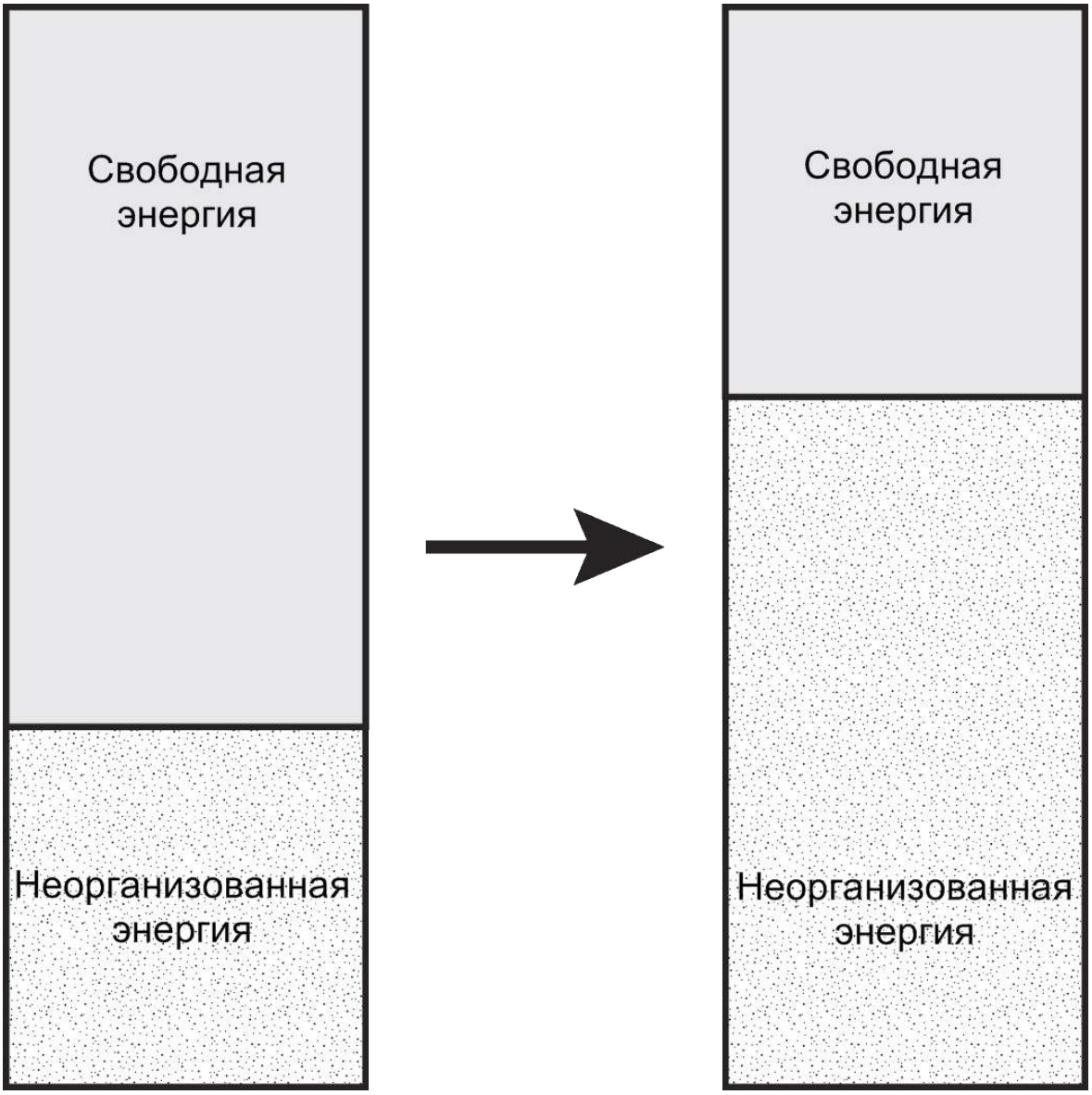
Все знают, чем одаривает Солнце всё живое здесь, на Земле: энергией, а именно фотонами, которые мы воспринимаем как видимый свет. Но важнее всего, что мы получаем от Солнца энергию с очень низкой энтропией — так называемую *свободную энергию*. Затем эту энергию начинают потреблять живые организмы, которые возвращают её во Вселенную в сильно «деградировавшем» виде. Термин «свободная энергия» немного неудачный, поскольку на самом деле он означает «полезная энергия». «Свободный» следует понимать как «доступный для чего-либо».

Согласно второму закону термодинамики, энтропия в изолированной системе будет возрастать, пока система не достигнет максимального уровня энтропии, после чего так и останется в состоянии равновесия. В изолированной системе общее количество энергии остаётся фиксированным, но по форме эта энергия изменяется: исходно она обладает низкой энтропией, которая постепенно становится всё выше. Представьте себе горящую свечу. Если бы мы отслеживали весь свет и тепло, которые исходят от свечи, то общая энергия свечи со временем бы не изменялась. Но свеча не может гореть вечно — через некоторое время она гаснет. Энергия, заключённая в свече, превращается из низкоэнтропийной в высокоэнтропийную, и этот процесс обратного хода не имеет.

Свободная энергия может затрачиваться на выполнение *работы* (это физическая величина). Если мы возьмём макроскопический объект и переместим его, то совершим над ним работу. «Работа» определяется просто как сила, применяемая для выполнения действия, умноженная на расстояние, покрываемое при этом действии. Чтобы поднять камень от подножья холма на вершину, требуется выполнить работу. В принципе, любое совершённое вами действие, на выполнение которого затрачивается энергия, является работой — идёт ли речь о выводе ракеты на орбиту или о лёгком нахмуривании бровей для демонстрации собственного скепсиса.

Свободная энергия — это энергия в потенциально полезной форме. Высокоэнтропийный остаток — это «неорганизованная энергия», равная произведению температуры системы и уровня её энтропии. При передаче тепла от одной системы к другой объём бесполезной неорганизованной энергии увеличивается. Действительно, согласно одной из формулировок второго закона, в изолированной системе свободная энергия с течением

времени превращается в неорганизованную энергию.



Ещё одно представление второго закона термодинамики. С течением времени энергия превращается из «свободной» (пригодной для совершения работы) в «неорганизованную» (рассеянную, бесполезную)

Идея Шрёдингера заключалась в том, что биологическим системам удаётся двигаться, сохраняя при этом базовую целостность, для чего они используют свободную энергию, которую берут из окружающей среды. Итак, они берут свободную энергию, затрачивают её на выполнение нужной работы, а затем возвращают эту энергию в окружающую среду в более неорганизованном виде. (В первом издании своей книги Шрёдингер пространно изъяснялся, стараясь не использовать термин «свободная энергия», полагая, что его можно понять неправильно. Что ж, я более

требователен к вам, чем Шрёдингер к своим читателям.)

* * *

Тот факт, является ли определённое количество энергии «свободным» или «неорганизованным», зависит от окружающей среды. Допустим, у нас есть цилиндр с поршнем, заполненный горячим газом, и этот газ можно использовать для выполнения работы: газ будет расширяться и толкать поршень. Однако при этом предполагается, что извне поршень не окружён газом с такой же температурой и плотностью; в противном случае никакой результирующей силы к поршню бы не прикладывалось и с его помощью невозможно было бы выполнять работу.

Свет, который мы получаем от Солнца, обладает низкой энтропией по сравнению с окружающей средой и поэтому содержит свободную энергию, при помощи которой можно совершать работу. Окружающая среда — это просто небо, рассекаемое лучами звёздного света и наполненное космическим фоновым микроволновым излучением, температура которого всего на несколько градусов выше абсолютного нуля. Типичный фотон, испущенный Солнцем, несёт в 10 000 раз больше энергии, чем типичный фотон микроволнового фонового излучения.

Представим, как выглядело бы небо, если бы не было Солнца, — так, как выглядит сегодня ночное небо. Здесь, на Земле, быстро наступило бы равновесие, и она стала бы столь же холодной, как и небо. Свободной энергии бы не осталось и жизнь бы угасла. (Правда, не вся. Бактерии-хемолитоавтотрофы извлекают свободную энергию из минеральных соединений. Даже при отсутствии Солнца на Земле не было бы полного термодинамического равновесия.)

Но теперь предположим, что мы находились бы внутри Солнца. Всё небо изливало бы на нас потоки фотонов, как яркое солнце сейчас. Земля быстро достигла бы термодинамического равновесия, но на ней установилась бы такая температура, как на поверхности Солнца. На Землю попадало бы гораздо больше энергии, чем сейчас, но всё тепловое излучение Солнца представляло бы собой бесполезную неорганизованную энергию. В таких условиях жизнь была бы столь же невозможна, как и при отсутствии Солнца.

В данном случае важно, что окружающая среда на Земле очень далека от термодинамического равновесия, и так будет ещё миллиарды лет. Солнце — горячее пятно в холодном небе. Поэтому та энергия, которую мы получаем в виде солнечных фотонов, практически полностью является свободной и может пойти на совершение полезной работы.

Именно так и происходит. Мы получаем от Солнца фотоны,

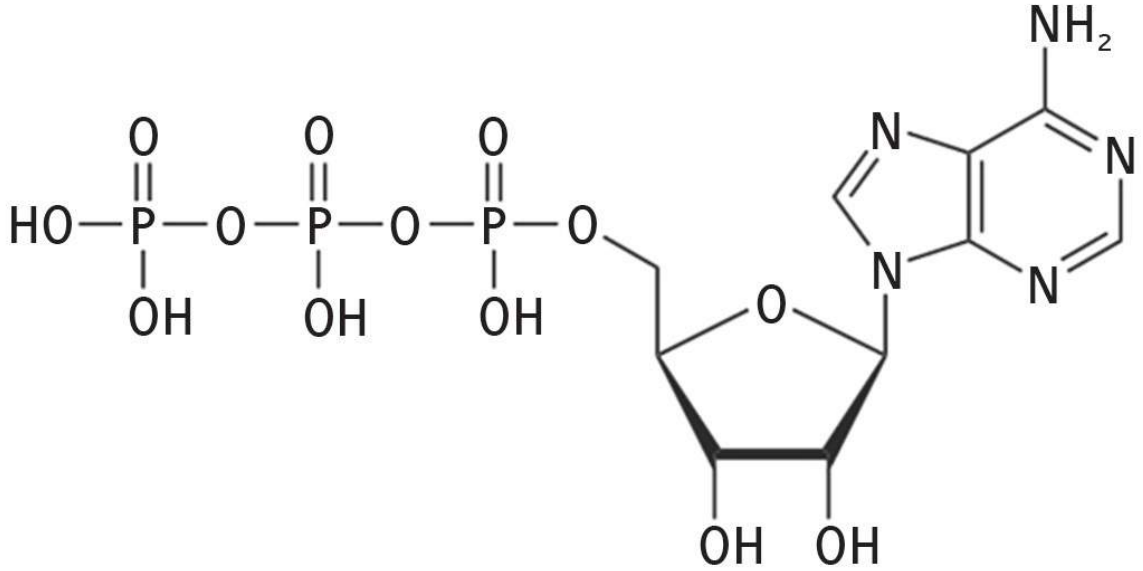
преимущественно в видимой части электромагнитного спектра. Переработанная энергия затем возвращается во Вселенную в виде низкоэнергетических инфракрасных фотонов. Энтропия набора фотонов примерно равна общему количеству имеющихся у вас фотонов. На каждый видимый фотон, получаемый от Солнца, Земля испускает обратно в космос примерно двадцать инфракрасных фотонов, энергия каждого из которых приблизительно в двадцать раз ниже, чем у солнечного фотона. Земля возвращает столько же энергии, сколько получает, но прежде чем солнечное излучение вернётся во Вселенную, его энтропия увеличится в двадцать раз.

Количество энергии здесь, на Земле, разумеется, также непостоянно. С тех пор как началась индустриальная революция, атмосфера загрязняется газами, непроницаемыми для инфракрасного света. Отдача энергии затрудняется, и из-за этого планета перегревается. Но это уже другая история.

Глава 30
Перетекание энергии

Теперь давайте рассмотрим, как вся эта грандиозная теоретическая физика отражается в биологической практике.

Первичной биологической батарейкой здесь, на Земле, является молекула под названием *аденозинтрифосфат*, или АТФ. Слово «батарейка» здесь используется в широком смысле: резервуар для хранения свободной энергии, которая затем может быть использована. АТФ можно сравнить со сжатой пружиной, готовой распрямиться и потратить свою энергию на (желательно) что-нибудь полезное. Действительно, она расходуется не зря: свободная энергия, заключённая в АТФ, затрачивается на сокращение мышц, перемещение молекул и клеток в организме, синтез ДНК, РНК и белков, передачу сигналов по нервным клеткам и на другие биохимические процессы. Именно благодаря АТФ организм может двигаться и сохранять целостность — как раз эти свойства подчёркивал Шрёдингер в своём определении жизни.

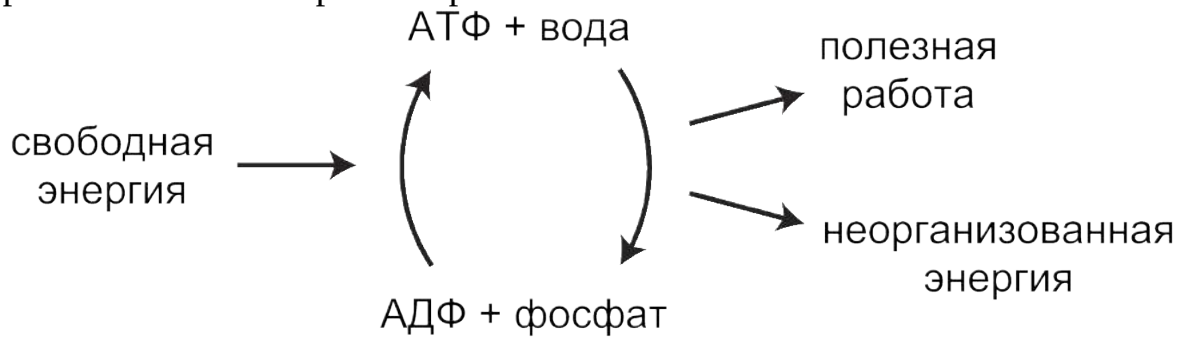


Химическая структура аденозинтрифосфата, АТФ. Молекула содержит атомы водорода (H), кислорода (O), фосфора (P), азота (N) и углерода. По сложившейся в химии традиции атомы углерода явно не указываются, но находятся на всех безымянных вершинах и в связях на этой схеме

Высвобождение энергии из АТФ обычно происходит в присутствии

воды (H_2O). Одна из трёх фосфатных групп, в которых атом фосфора (P) окружён атомами кислорода (O) — они находятся в левой части схемы, — отщепляется от АТФ, и образуется аденозиндифосфат (АДФ). Затем фосфатная группа соединяется с атомом водорода из окружающей воды, и остаток OH соединяется с АДФ.

Общая энергия этих конечных продуктов ниже, чем у исходной молекулы АТФ; соответственно при реакции высвобождается и свободная энергия (затрачиваемая на совершение работы), и неорганизованная (тепло). К счастью, АТФ можно подзаряжать; организм впоследствии берёт энергию из внешнего источника — это может быть, например, солнечный свет или сахар — и вновь преобразует фосфаты и АДФ в воду и АТФ, из которых можно опять брать энергию.



Свободная энергия из внешних источников (фотосинтез, расщепление сахаров) запасается в АТФ, поэтому может затрачиваться на полезную работу, когда организму это потребуется. В ходе такого процесса неизбежно образуется и неорганизованная энергия

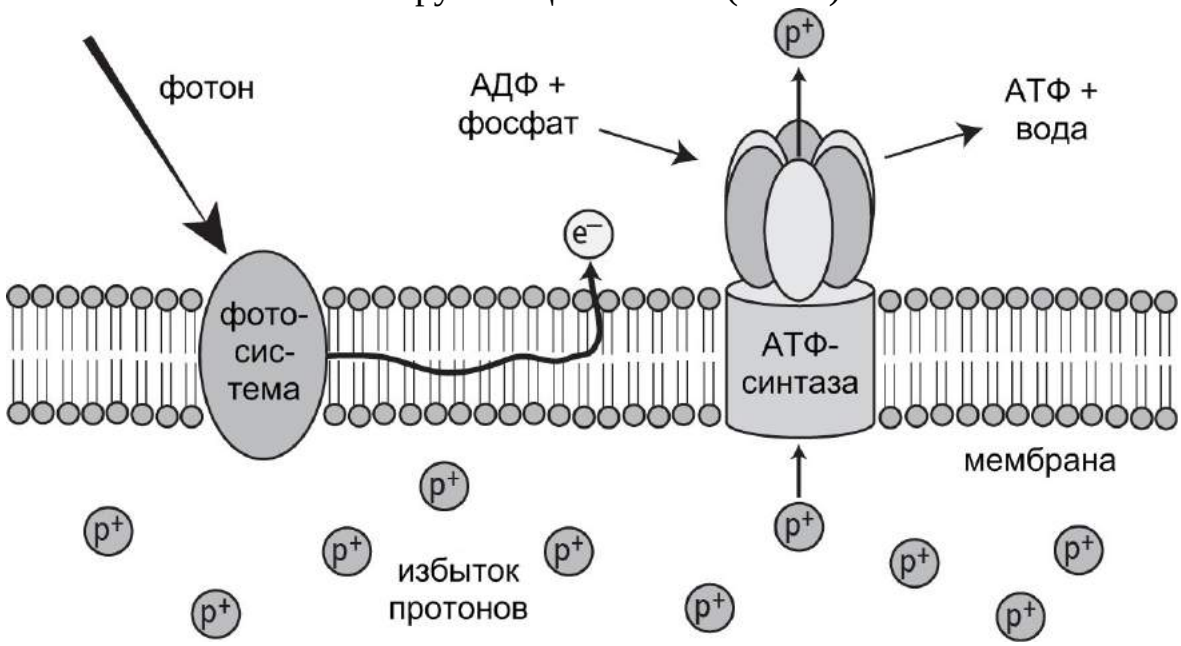
На энергетические процессы, происходящие в организме, тратится колоссальное количество АТФ; обычный человек ежесуточно перерабатывает примерно столько АТФ, сколько весит сам. Когда вы сгибаете локоть, поднимая гантель или бокал вина, энергия для сокращения мышц берётся из АТФ, от которой отщепляются фрагменты — и белки ваших мышечных волокон скользят друг по другу. Отдельные атомы, из которых состоит АТФ, никуда не деваются; молекула просто разрывается, а потом пересобирается, и так сотни раз в день.

* * *

Откуда же берётся свободная энергия, идущая на сборку всего этого АТФ из низкоэнергетического АДФ? В конечном итоге — от Солнца. В процессе фотосинтеза молекула хлорофилла в растении или микроорганизме поглощает фотон видимого света, энергия которого высвобождает электрон. Заряженный энергией электрон передаётся через

мембрану цепочкой молекул, которая называется *цепь переноса электронов*. В результате с одной стороны мембраны электронов оказывается больше, чем протонов, и возникает электрический градиент, причём с одной стороны мембраны накапливается отрицательный заряд, а с другой — положительный.

Именно так передаётся биологическая энергия: протоны с одной стороны мембраны отталкивают друг друга, причём некоторые проскальзывают через фермент, именуемый *АТФ-синтазой*. Протон, пытающийся проникнуть через АТФ-синтазу, заводит её, сообщая ей энергию, которая затрачивается на синтез АТФ из АДФ в ходе так называемого *хемиосмоса*. Часть энергии при этом неизбежно превращается в неорганизованную и испускается в виде низкоэнергетических фотонов и термического покачивания окружающих атомов (тепла).



При фотосинтезе свободная энергия, получаемая от Солнца, сохраняется в АТФ. Фотон попадает в фотосистему, расположенную в мембране, высекая из неё электрон (e^-). При этом с одной стороны мембраны накапливается избыток протонов (p^+). В результате электростатического отталкивания протоны разлетаются в стороны, пока какие-то из них не проникают наружу через фермент АТФ-синтазу. АТФ-синтаза затрачивает энергию протона на преобразование АДФ в АТФ, а АТФ уже может доставить энергию куда нужно

Мы с вами не фотосинтезируем. Свободная энергия поступает нам не прямо от Солнца, а берётся из глюкозы и других сахаров, а также из

жирных кислот. Крошечные органеллы под названием митохондрии — энергетические станции клетки — используют заключённую в клетке свободную энергию для преобразования АДФ в АТФ. Однако свободная энергия этих сахаров и жирных кислот, которыми мы питаемся, в конечном итоге добывается из солнечного света путём фотосинтеза.

Представляется, что в основе своей эта система универсальна для всей жизни на Земле. Термин *«протондвижущая сила»* характеризует подпитку АТФ-синтазы проникающими через неё протонами. Этот механизм был открыт британскими биохимиками Питером Митчеллом и Дженнифер Мойл в 1960-е годы. Митчелл был интересной личностью. Он буквально горел на работе, поэтому был вынужден её оставить из-за тяжёлых проблем со здоровьем. В итоге он обустроил себе частную лабораторию в местечке под названием Глинн-Хауз. В 1978 году Митчелл был удостоен Нобелевской премии по физике за идею о том, что именно протондвижущая сила обусловливает синтез АТФ путём хемиосмоса.

* * *

Клетка — простейший элемент жизни: набор функциональных субъединиц, так называемых органелл, находящихся в вязкой жидкости и окружённых клеточной мембраной. Поскольку мы глубоко вжились в технологическое общество, мы склонны считать клетки миниатюрными «машинами». Но разница между реальными биологическими системами и искусственно сконструированными машинами, привычными нам, не менее важна, чем сходство этих систем.

В основном эти различия проистекают из того факта, что машины обычно создаются для какой-то конкретной цели. В силу своего происхождения машины, как правило, довольно хорошо выполняют ту функцию, для которой предназначены, но не более того. Если что-то пойдёт не так — например, в автомобиле спустит шина либо в мобильном телефоне сдохнет аккумулятор, — машина полностью перестанет работать. Живые организмы, развивавшиеся годами без какой-либо конкретной цели, обычно более гибкие, многоцелевые же сами себя ремонтируют.

Клетки не просто выдерживают хаос — они им пользуются. Выбор у них небольшой, учитывая, в какой среде протекают микробиологические процессы.

Наш человеческий макромир относительно спокоен и предсказуем. Если в хорошую погоду бросить куда-нибудь мяч, то можно с достаточной уверенностью предположить, как далеко он улетит. Клетки, напротив, взаимодействуют на расстояниях, измеряемых нанометрами — миллиардными долями метра. Условия в таком мире определяются

случайными движениями и помехами, которые биофизик Петер Хофманн окрестил «молекулярным штормом». Из-за обычного термического покачивания молекулы в нашем организме триллионы раз в секунду сталкиваются друг с другом — обычные штормы не идут с таким мальстрёмом ни в какое сравнение. Если увеличить эти явления до привычных человеку масштабов, то жизнь в клетке посреди бушующего молекулярного шторма напоминала бы попытку бросить мяч, по которому постоянно градом лупили бы другие мячи, энергия которых была бы в сотни миллионов раз выше, чем при броске рукой.

На первый взгляд, не лучшая среда для микроскопических спортивных соревнований или для тонких взаимодействий, происходящих в клеточной экосистеме. Как возможны какие-либо организованные процессы в таких условиях?

В водовороте уйма энергии, но вся эта энергия является неорганизованной; она не может непосредственно использоваться для таких задач, как сокращение мышц или передача питательных веществ в организме. Окружающие молекулы находятся практически в равновесном состоянии, случайным образом отскакивая друг от друга. Но клетка может воспользоваться низкоэнтропийной свободной энергией, связанной в АТФ, не только для непосредственного выполнения работы, но и для концентрации неорганизованной энергии в окружающей среде.

Представьте себе храповик — колесо с несимметричными зубьями, имеющими упор с одной стороны. Пусть наш храповик находится в спонтанном покачивании туда-сюда, то есть испытывает воздействие *броуновских сил*, названных так в честь ботаника Роберта Броуна. Именно он в начале XIX века заметил, что крошечные пылинки, взвешенные в воде, обычно движутся непредсказуемым образом. Сегодня данный феномен объясняется тем, что пылинки постоянно бомбардируются отдельными атомами и молекулами. Сам по себе броуновский храповик не движется в каком-либо направлении; он непредсказуемым образом дрейфует туда-сюда.

Однако допустим, что зубцы нашего храповика жёстко не зафиксированы, а могут каким-то образом управляться извне. Когда храповик движется в нужном нам направлении, мы устанавливаем малый угол, который легко преодолеть; в противном случае угол увеличиваем и затрудняем движение. Таким образом мы могли бы превратить случайное и беспорядочное броуновское движение в нацеленную полезную транспортировку. Естественно, для этого требуется вмешательство некоего внешнего фактора, который сам далёк от равновесия и обладает низкой

энтропией.

Такой броуновский храповик — простая модель многих молекулярных двигателей, действующих внутри живой клетки. Нет никаких внешних наблюдателей, которые бы подправляли форму молекул, чтобы те могли использоваться для конкретных целей, но есть свободная энергия, передаваемая АТФ. Молекулы АТФ могут соединяться с подвижными деталями клеточной машинерии, высвобождая энергию строго в нужный момент и допуская флуктуации в одном направлении, но перекрывая в другом. Чтобы совершать работу на наноуровне, необходимо просто обуздать царящий там хаос.

* * *

Шрёдингеровское представление о том, что живые организмы поддерживают собственную структурную целостность, затрачивая на это свободную энергию, впечатляющим образом подтверждается в реальной биологии. Солнце посылает нам свободную энергию в виде относительно высокоэнергетических фотонов видимого света. Их поглощают растения и одноклеточные организмы, путём фотосинтеза обеспечивающие себя АТФ, а также сахарами и другими питательными соединениями. Там, в свою очередь, накапливается свободная энергия, которую могут потреблять животные. Свободная энергия затрачивается на поддержание порядка в организме, а также для того, чтобы организм мог двигаться, думать и реагировать. Все эти способности отличают живые существа от неживых предметов. Солнечная энергия, с которой всё начиналось, постепенно становилась всё более неупорядоченной и наконец превратилась в неорганизованную тепловую энергию. В конечном итоге эта энергия излучается обратно во Вселенную в форме относительно низкоэнергетических фотонов инфракрасного света. Да здравствует второй закон термодинамики!

Первичные элементы этой истории уже известны нам из Базовой теории: это фотоны, электроны и атомные ядра. Как ни далека, казалось бы, наша повседневная жизнь от подробностей современной физики, понимание таких процессов, как питание, дыхание, жизнь, вновь возвращает нас на уровень простейших частиц и взаимодействий, лежащих в основе всего.

Глава 31
Спонтанная организация

Фламандский физик Ян Баптиста ван Гельмонт, живший в XVII веке, был одним из первых учёных, догадавшимся о существовании иных газов, кроме воздуха, — именно он и предложил термин «газ». Однако его всегда будут помнить в первую очередь за рецепты по созданию живых существ. Согласно ван Гельмонту, чтобы создать мышь из неживой материи, нужно положить грязное бельё в открытый горшок, добавив туда зёрна пшеницы. Примерно через двадцать один день, писал он, пшеница превратится в мышей. Если же вы по какой-то причине захотели создать скорпионов, а не мышей, то он рекомендовал выдолбить углубление в кирпиче, наполнить его истолчённым базиликом, накрыть другим кирпичом и оставить оба кирпича на солнце.

Если бы всё было так просто! Мне хочется думать, что если бы ван Гельмонт добросовестно придерживался байесовского рассуждения, то мог бы прийти к достоверной альтернативной гипотезе, объяснившей бы появление мышей у него в горшке с грязным бельём. Как только мы уходим от витализма и понимаем, что словом «жизнь» называются определённые процессы, а не субстанция, заполняющая материю и приводящая её в движение, мы начинаем понимать, сколь невероятно сложен и внутренне взаимосвязан этот процесс. Одно дело наблюдать, как живые организмы могут обуздать свободную энергию и, питаясь ею, сохранять целостность и передвигаться. Совсем другое — понять, как вообще возникла жизнь. На момент написания этой книги у нас тут больше вопросов, чем ответов.

Некоторое время назад казалось, что понять зарождение жизни, или *абиогенез*, будет не так сложно. Чарльз Дарвин не уделил этой проблеме особого внимания в «Происхождении видов», но кратко отметил, что в «маленьком тёплом пруду» вполне могли образоваться белки, которые затем «могли претерпеть ещё более сложные изменения». Дарвин не слишком разбирался в химии или молекулярной биологии. Но в 1953 году Стэнли Миллер и Гарольд Юри поставили знаменитый эксперимент: взяли колбу, наполненную некоторыми простыми газами — водородом (H_2), водяным паром (H_2O), аммиаком (NH_3) и метаном (CH_4), а затем стали пропускать через неё электрические разряды. Они полагали, что эти соединения могли присутствовать в атмосфере древней Земли, а искры в

данном случае играли роль молний. Воспользовавшись такими простыми средствами, без всякой дополнительной корректировки Миллер и Юри уже через неделю обнаружили, что в эксперименте образовались некоторые аминокислоты — органические соединения, играющие ключевую роль в биохимии.

Сегодня мы не считаем, что Миллер и Юри правильно смоделировали условия, существовавшие на юной Земле. Тем не менее их эксперимент продемонстрировал важнейший биохимический факт: синтезировать аминокислоты не так сложно. Для возникновения жизни необходим был следующий этап: образование белков, выполняющих всю сложную биохимическую работу. Белки транспортируют вещества в организме, катализируют полезные реакции, оптимизируют межклеточную коммуникацию. Это уже не так просто.

Хотя и вдохновляет, что пройти первый шаг — получить аминокислоты — достаточно просто, к настоящему времени уже ясно, что учёным придётся проявить немалую изобретательность, чтобы понять последующие этапы процесса.

Изучая происхождение жизни, мы одновременно затрагиваем биологию, геологию, химию, метеорологию, планетологию, математику, теорию информации и физику. Есть множество многообещающих идей, не все из которых совместимы друг с другом. Можно обрисовать возможные пути возникновения жизни и рассмотреть, как этот процесс вписывается в общую картину.

* * *

Рассмотрим три свойства, которые, по-видимому, универсальны для всей известной нам жизни.

1. *Компартментализация.* Клетки, первокирпичики живых организмов, заключены в мембраны, отделяющие внутренности клетки от окружающего мира.

2. *Метаболизм.* Живые существа потребляют свободную энергию и используют её для поддержания формы и для выполнения действий.

3. *Размножение с изменчивостью.* Живые существа порождают примерные копии себя, передавая информацию о своём строении. Небольшая изменчивость этой информации при передаче обеспечивает дарвиновский естественный отбор.

Разумеется, свойства жизни этим не ограничиваются, но если учесть хотя бы перечисленные черты, то можно значительно продвинуться в понимании истоков жизни.

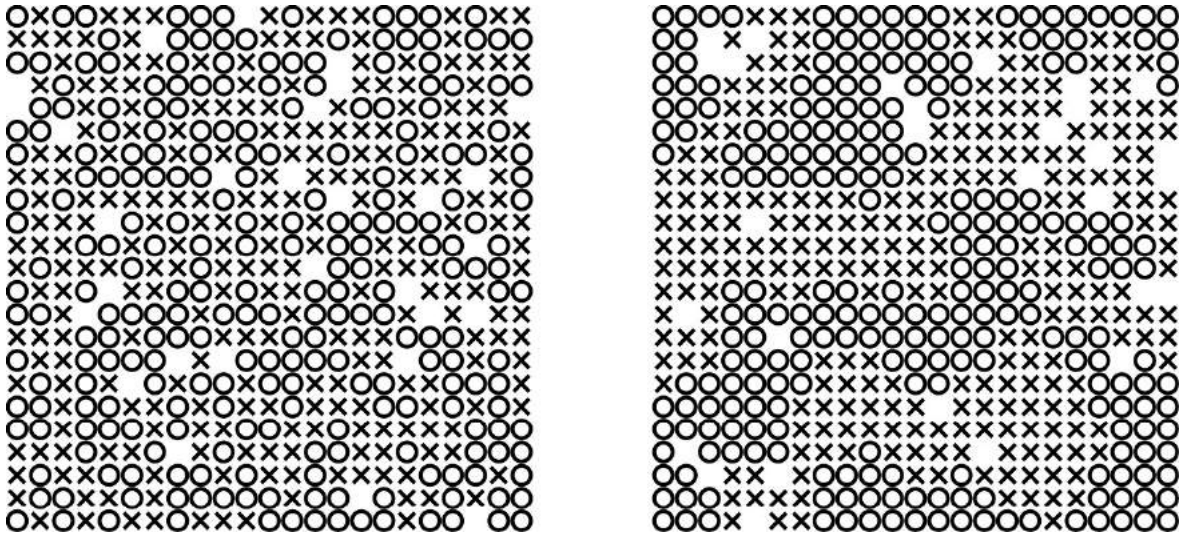
Из всех этих свойств наиболее простой для понимания кажется

компартментализация. В подходящей среде неорганические вещества легко образуют мембраны и дифференцируются. Когда система далека от равновесия, эти спонтанно возникающие структуры помогают овладеть свободной энергией, которая нужна, в частности, чтобы обеспечить метаболизм и размножение. Стоит ли говорить, что дьявол — в деталях.

Возникновение клеточных мембран и других компартментов — частный случай более общего феномена *самоорганизации*. Это процесс, в ходе которого крупная система, состоящая из множества более мелких подсистем, тяготеет к правильным закономерностям, проявляющимся в строении и поведении, хотя все её подсистемы и действуют совершенно независимо, не имея никакой особой «цели». Идея самоорганизации успешно применяется при описании столь несхожих явлений, как распространение компьютерных сетей, распределение полос и пятен на звериной шкуре, рост городов и внезапное образование дорожных пробок. Классический пример — роение, свойственное стаям птиц или косякам рыбы. Каждое животное реагирует лишь на действия своих ближайших соседей, но в результате получается впечатляющая картина, которая со стороны выглядит как исключительно выверенная хореография.

Самоорганизация присутствует повсюду. Рассмотрим конкретный пример, чтобы приобрести общее впечатление об этой идее, а затем обсудим специфику клеточных мембран. В конце концов однажды нам может потребоваться понять природу возникновения спонтанно формирующихся мембран и в других, внеземных биосферах.

В 1971 году американский экономист Томас Шеллинг предложил простую модель сегрегации. Одним из её вариантов была расовая сегрегация в городах, но базовая идея должна была описывать всевозможные различия — от образования языковых сообществ до того, как именно мальчики и девочки в начальной школе рассаживаются за партами. Шеллинг предлагал представить себе квадратную сетку с комбинациями двух символов — крестиков и ноликов, а также с пустыми клетками. Допустим, что у крестиков и ноликов нет абсолютной непереносимости друг друга, но они начинают чувствовать себя неуютно, если понимают, что их окружают символы-антагонисты. Если символу неудобно — например, если крестик оказался в компании множества ноликов, — то он передвинется в случайно выбранную пустую клетку. Так будет происходить снова и снова, пока все не останутся довольны.



Спонтанная сегрегация в модели Шеллинга. Исходные условия показаны слева, конечные — справа

Конечно, нас бы не удивила существенная сегрегация, если бы символы проявляли полную нетерпимость друг к другу — если бы их напрягало, к примеру, соседство даже с двумя символами противоположного типа. Шеллинг показал, что даже небольшая степень предпочтения может породить масштабную сегрегацию. На рисунке показан пример с 500 символами, одна половина из которых крестики, а другая — нолики, причём они случайным образом распределены на сетке с небольшим числом пустых клеток. Допустим, символ чувствует себя неуютно, если 70% или более его соседей относятся к противоположному типу. Но это относительно терпимо. Нолик чувствует себя хорошо, если среди его восьми соседей ноликов не меньше, чем крестиков, и начинает расстраиваться, лишь если крестиков среди них оказывается шесть или более. В исходной конфигурации лишь 17% символов «несчастливы».

Тем не менее этого достаточно. Как только мы позволяем ущемлённым символам сняться с места и перейти на свободные места в сетке и допускаем, чтобы этот процесс продолжался, пока все не будут удовлетворены, мы получаем в итоге вариант распределения, показанный справа: большие группы однотипных соседей, разделённые чёткими границами.

Такой глобальный порядок сложился исключительно в результате локальных индивидуальных решений, а не в результате работы некоего главного стратега. При этом «решения» не связаны с какими-либо высокоорганизованными формами сознания; это самоорганизация, не навязанная извне и не направленная на достижение цели. Можно

представить себе, что отдельные молекулы действуют именно так — на самом деле, подобные примеры известны. Нефть отделяется от воды; также отмечено, что молекулы липидов проявляют чёткую избирательность, которая объясняет возникновение клеточных мембран. В 2005 году Шеллинг получил Нобелевскую премию по экономике совместно с Робертом Ауманном в первую очередь за работы, связанные с теорией игр и развитием конфликтов.

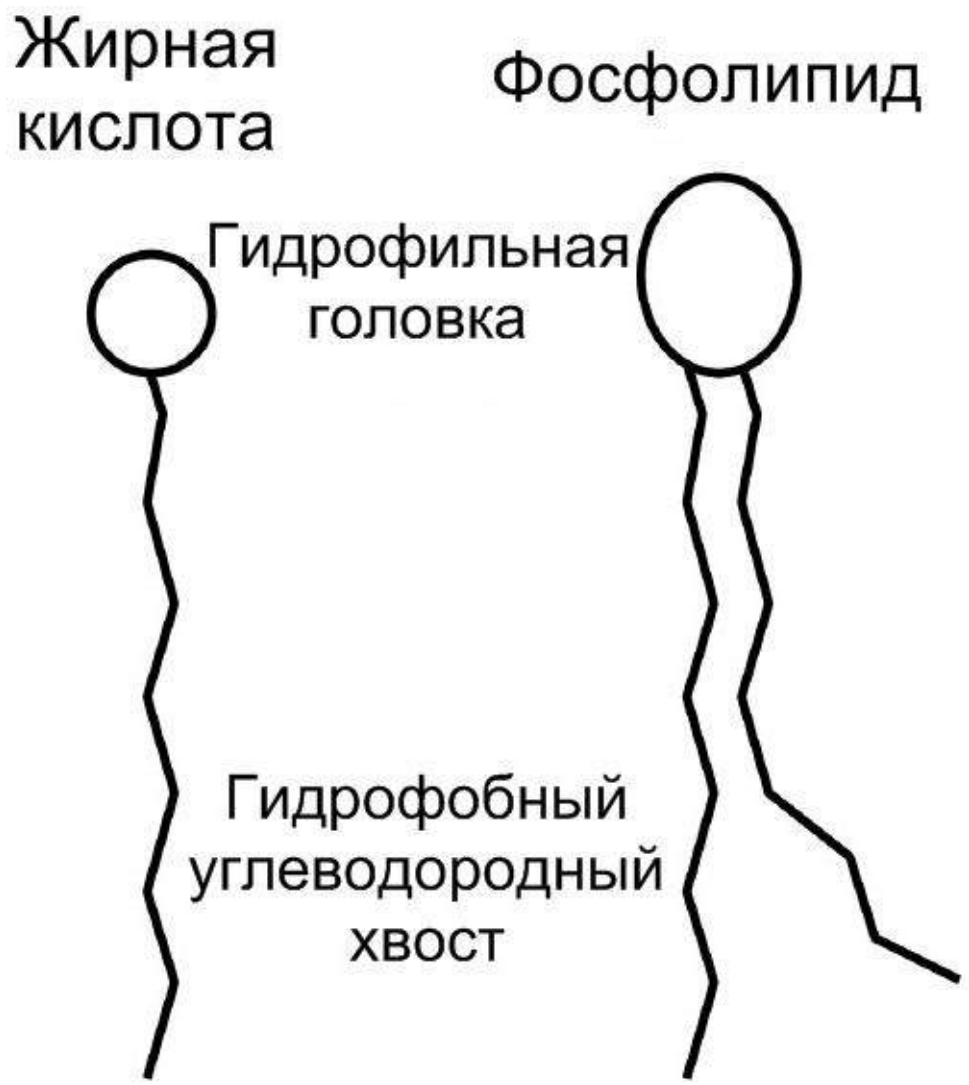
Важная деталь теории Шеллинга заключается в том, что подобная модель эволюции системы *не*обратима. Динамика здесь не лапласовская: информация не сохраняется. Следовательно, эта модель не описывает реальный мир на его самом фундаментальном уровне. Однако она может быть довольно хорошим эмерджентным описанием огрубленной динамики, поскольку система в целом далека от равновесия. Когда крестик или нолик начинает чувствовать дискомфорт и перемещается в случайным образом выбранную пустую клетку, такой процесс неизбежно увеличивает энтропию во Вселенной. Информация теряется, поскольку множество начальных конфигураций могут приводить к одной и той же конечной. Энтропия возрастает, но при этом образуется недолговечная структура, обладающая высокой упорядоченностью и сложностью.

* * *

Учитывая, сколь легко простые динамические системы проявляют склонность к самоорганизации, немного проще поверить, что нечто, подобное клеточной мембране, может спонтанно сформироваться при подходящих условиях. Однако реальные биологические мембраны состоят не из мальчиков и девочек, которые хотят поудобнее рассесться в классе, а из липидов.

Липид — это особая органическая молекула, амбивалентно реагирующая на воду. С точки зрения химика, *«органический»* означает «основанный на атомах углерода, но зачастую содержащий атомы водорода и некоторых других элементов», независимо от того, имеет ли данное вещество хоть какое-нибудь отношение к живым существам. В ближайшем супермаркете слово «органический» будет пониматься совсем иначе. Связь с биологией возникает, поскольку биохимия так сильно зависит от углерода, который легко образует молекулярные цепочки любой сложности.

У липидов есть *гидрофильная* головка (тяготеет к воде) с одной стороны и *гидрофобный* хвост (отталкивающий воду) с другой стороны. Именно такая, двойственная, природа липидов, притягивающих воду с одной стороны и отторгающих с другой, позволяет этим веществам складываться в мембраны.

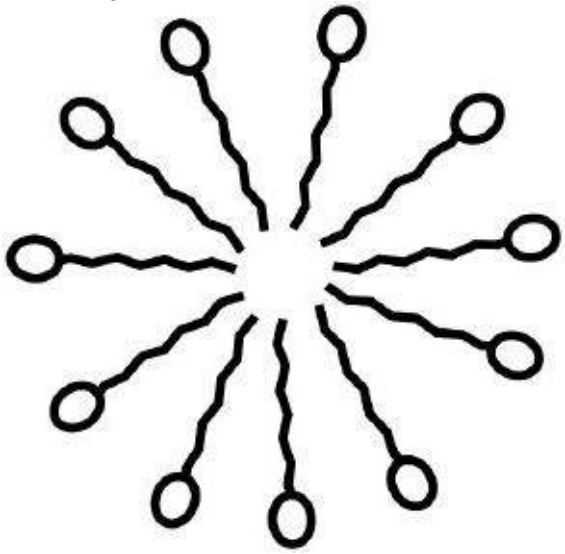


Допустим, мы смешали некоторое количество таких липидов с водой. Гидрофильный кончик чувствует себя отлично, а гидрофобный не знает куда деваться — вода повсюду. В данном случае речь не идёт буквально об «удовлетворении» — просто, как и в случае с крестиками и ноликами, недовольная молекула будет менять конфигурацию, пока не будет выполнено то или иное условие. Один кончик липида тяготеет к воде, а другой стремится полностью от неё отмежеваться.

Липидное стремление к удовлетворению позволяет метафорически описать следующий факт: система развивается так, чтобы минимизировать свободную энергию. Энтропия возрастает, а это означает, что нам следует пользоваться определённой эмерджентной терминологией, причём молекулы «хотят» оказаться в состоянии с низким уровнем свободной энергии. Стрела времени наводит нас на рассуждения в терминах «цели» и

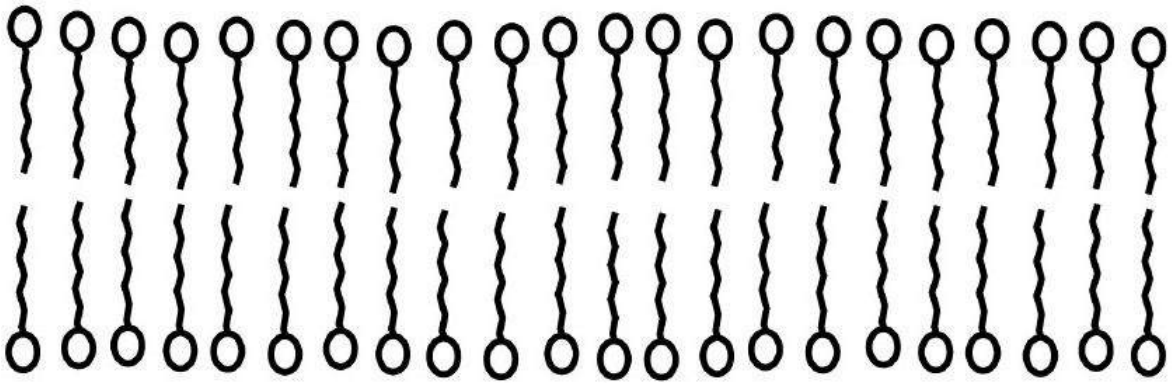
«желания», пусть мы и говорим всего лишь о молекулах, подчиняющихся законам физики.

Единственное, что остаётся делать гидрофобному хвосту, — искать комфорта в компании себе подобных. Липиды могут выстраиваться вплотную друг к другу так, что их хвосты оказываются окружены не водой, а такими же гидрофобными хвостами. Это может произойти несколькими путями. Липидам проще всего сомкнуться в маленький шарик, так называемую *мицеллу*, вся поверхность которой состоит из гидрофильных головок, контактирующих с водой, а гидрофобные цепочки сплетены друг с другом в глубине.



Мицелла

Есть ещё один вариант: *бислой*. Это структура из двух липидных поверхностей, в каждой из которых гидрофильные головки ориентированы в одном направлении, а гидрофобные хвосты, отходящие от двух поверхностей, сплетены друг с другом. Таким образом, головки дотягиваются до нужной им воды, а хвосты оказываются полностью от неё защищены.



Бислой

В водном (водосодержащем) растворе липиды будут спонтанно образовывать структуру одного из этих типов. Какую — зависит от того, с каким именно липидом мы имеем дело, а также от других свойств раствора, в особенности от того, является ли он кислотным (тяготеет к отдаче протонов и захвату электронов) или щелочным (наоборот).

К числу липидов относятся сравнительно простые жирные кислоты и чуть более сложные фосфолипиды. Жирные кислоты встречаются в биохимии повсюду. Это один из источников топлива, которое митохондрии могут использовать, например, для синтеза АТФ. Фосфолипид состоит из двух жирных кислот, объединённых фосфатной группой (соединением фосфора, углерода, кислорода, азота и водорода).

Клеточные мембраны у всех организмов, обитающих сегодня на Земле, состоят из фосфолипидных бислоёв. Эти молекулы очень легко самоорганизуются в бислои, но не в мицеллы, поскольку их двойные хвосты слишком толстые и с трудом укладываются в шарообразную конфигурацию мицеллы. Затем бислойные мембраны заворачиваются друг в друга, образуя сферические пузырьки, так называемые везикулы. Это простейший этап на пути к возникновению клетки.

* * *

В рамках вопроса о возникновении жизни с фосфолипидами связана одна проблема: они слишком хорошо справляются со своими задачами. Они практически непроницаемы — лишь вода и некоторые другие мелкие молекулы могут попасть с одной стороны мембраны на другую. Следовательно, представляется, что древнейшие клеточные мембраны, вероятно, состояли из жирных кислот, а не из фосфолипидов. Как только они образовались, эволюция стала их совершенствовать.

Жирные кислоты могут самопроизвольно образовывать бислои, но только при подходящих условиях. В очень щелочных растворах жирные

кислоты легче образуют мицеллы; в сильно кислотных слипаются в большие маслянистые капли. Бислои лучше всего образуются в умеренно щелочных растворах. Это переходная фаза, зависящая от кислотности окружающей среды.

Такие бислои жирных кислот не расплетаются на длинные плоские поверхности, напоминающие листы бумаги. Наоборот, они быстро смыкаются и образуют маленькие сферы. В такой среде именно эта конфигурация обладает минимальной свободной энергией. Это ещё один пример того, как второй закон термодинамики позволяет создавать организованные структуры, нужные для жизни, а не размазывать всё в однородную слизь.

Жирные кислоты — относительно простые молекулы, поэтому мы, вероятно, без труда нашли бы их в подходящей среде на добиогенной Земле. Более того, образующиеся из них мембраны более проницаемы, чем те, что состоят из фосфолипидов. Для древней жизни это было хорошо. В зрелом организме нежелательно, чтобы вещества волей-неволей вытекали из клетки; в мембраны встроены очень специализированные структуры (например, АТФ-синтаза), обеспечивающие правильное поглощение и выведение питательных веществ и энергии. Но в самом начале, когда такие узкоспециальные механизмы ещё не успели развиться, требовался материал, который хорошо обеспечивал бы компартментализацию химических предшественников жизни, но не изолировал бы их от окружающей среды — иначе они буквально задохнулись бы. По-видимому, жирные кислоты отлично для этого подходят.

* * *

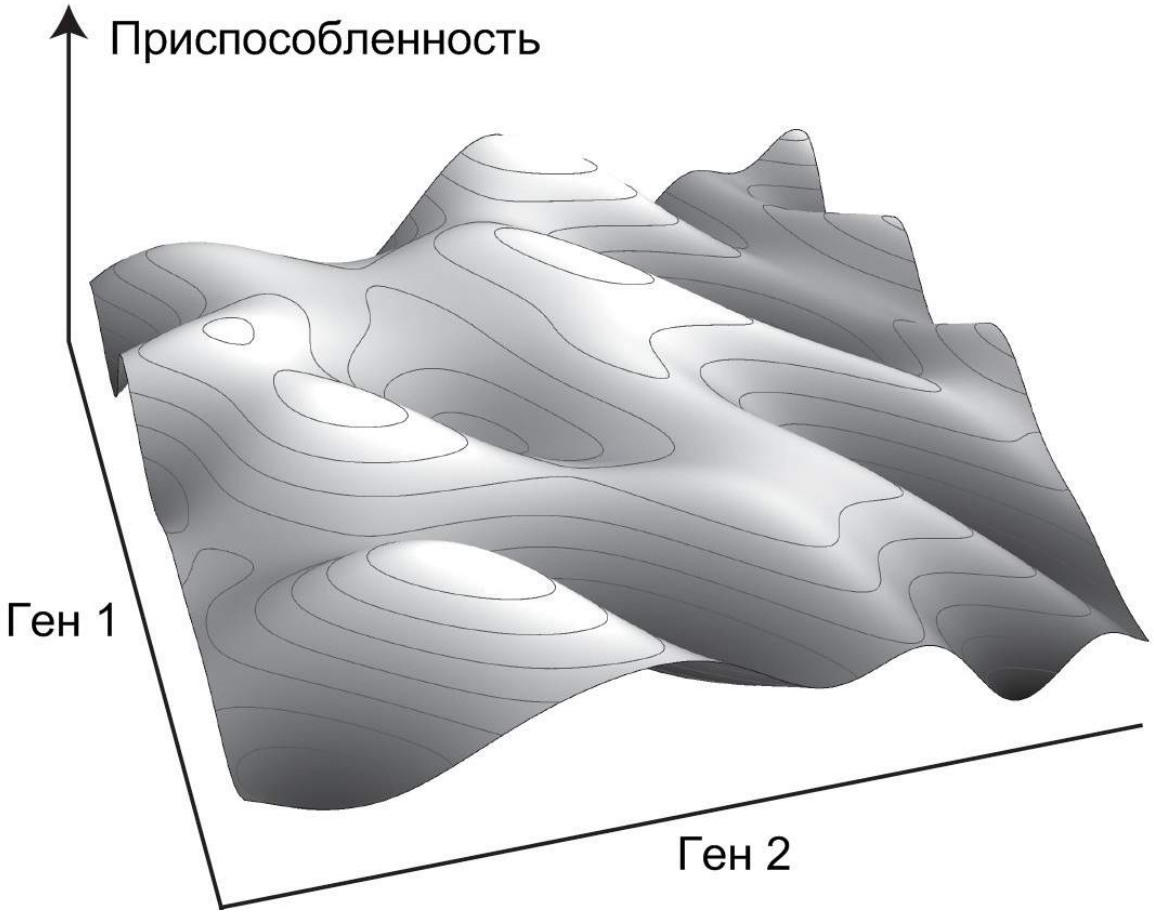
С точки зрения поэтического натуралиста, одно из наиболее интересных свойств спонтанной компартментализации заключается в том, что она хорошо подходит для эмерджентного описания системы. Без компартментов и мембран возник бы настоящий хаос из соединений, источников энергии и реакций. Как только между различными материалами образуется граница, можно говорить об «объекте» (в пределах границ) и среде (за пределами). Граница — имеем ли мы в виду конкретно клеточную мембрану либо кожу или экзоскелет многоклеточного организма — помогает структуре пользоваться окружающей свободной энергией, а нам позволяет обсуждать её удобным, вычислительно эффективным способом.

Британский нейрофизиолог Карл Фристон предположил, что функцию биологических мембран можно понимать в контексте *марковского покрытия*. Этот термин впервые предложил статистик Джуда Перл, работающий в сфере машинного обучения. Допустим, у нас есть сеть:

набор «узлов», соединённых линиями. «Байесовская сеть» — это граф, образующийся из этих узлов, которые могут посылать, получать и обрабатывать информацию. Таковы, например, компьютеры в Интернете или нейроны в мозге. Если взять конкретный узел, его марковское покрытие будет состоять из всех узлов, которые непосредственно на него влияют («родители»), плюс всех узлов, на которые влияет он («потомки»), плюс всех узлов, которые также могут влиять на его потомков («другие родители», которых может быть много).

Вся эта с виду сложная конструкция воплощает простую идею: распространив марковское покрытие на часть сети, можно узнать всё необходимое о её вводе и выводе. Узлы могут обладать огромным числом внутренних состояний, но для работы сети имеют значение лишь те параметры, которые проступают через марковское покрытие.

Фристон считает, что клеточная мембрана сравнима с марковским покрытием. Внутри клетки протекает множество сложных процессов, и в окружающей внеклеточной среде также происходит множество явлений. Но коммуникация между внутренним и внешним пространством опосредуется через клеточную мембрану. В этих условиях система развивается в направлении такой конфигурации, при которой клеточная мембрана приобретает достаточную прочность: конфигурация сохраняется, даже если внутри клетки или вне её происходят пертурбации (не слишком серьёзные).



Данная теория изначально разрабатывалась не для отдельных клеток, а для описания того, как мозг контактирует с внешним миром. Наш мозг строит модель окружающей среды, чтобы новая информация не слишком часто нас озадачивала. Это и есть байесовское рассуждение: подсознательно мозг учитывает множество вещей, которые могли бы сейчас произойти, и уточняет вероятность каждого из возможных вариантов по мере поступления новой информации. Интересно, что тот же самый математический аппарат позволяет описывать системы на уровне отдельных клеток. Оказывается, что целостность и прочность клеточной мембраны можно сравнить с байесовским выводом. Вот как говорит об этом Фристон:

По-видимому, внутренние состояния (и их покрытие) активно участвуют в байесовском выводе. Иными словами, они, вероятно, моделируют окружающий мир и действуют соответствующим образом, так, чтобы сохранять функциональную и структурную целостность, что ведёт к гомеостазу [поддержание стабильных внутренних условий] и простому автопоэзу [сохранению структуры путём саморегуляции].

Это спекулятивный и новаторский набор идей, а не устоявшаяся парадигма, которая позволяла бы судить о функции клеток и мембран. Это существенное замечание, поскольку оно демонстрирует, как обсуждаемые здесь концепции — байесовский вывод, эмерджентность, второй закон термодинамики — объединяются и позволяют объяснить возникновение сложных структур в мире, подчиняющемся простым неуправляемым законам природы.

Глава 32
Происхождение и смысл жизни

Как-то раз я летел в переполненном самолёте на научную конференцию в город Бозмен, штат Монтана, и читал научные статьи, описывавшие связь между статистической физикой и происхождением жизни. Рядом со мной сидел попутчик, с любопытством заглядывавший в мои бумаги. «О, — сказал он, — мне хорошо известна эта работа».

Занимаясь физикой, часто встречаешься с людьми, у которых есть своя теория устройства Вселенной и которые жаждут с вами ею поделиться. Такие теории редко оказываются многообещающими. По-видимому, изучение жизни привлекает не меньше словоохотливых энтузиастов. Однако нам предстоял ещё долгий путь, и я спросил попутчика, что он думает на эту тему.

«Всё просто, — ответил он, наклонив голову, — смысл жизни — гидрогенизировать диоксид углерода».

Это был не тот ответ, которого я ожидал. Просто мне посчастливилось лететь рядом с Майклом Расселом, геохимиком из Лаборатории реактивного движения NASA, расположенной неподалёку от моего родного Калифорнийского технологического института. Встреча была не совсем случайной — мы оба летели на одну и ту же конференцию, где собирались выступать с докладами. Как выяснилось, Рассел — выдающийся (пусть и с некоторым оттенком ереси) современный специалист, изучающий происхождение жизни, причём его научный метод особенно близок к физике. Мы быстро поладили.

Рассел — один из лидеров фракции в дебатах о происхождении жизни, полагающей, что первым важнейшим шагом было возникновение метаболизма. Представители этого лагеря считают, что ключевое событие заключалось в появлении сложной сети химических реакций, потреблявших свободную энергию, имевшуюся в экосистеме молодой Земли, и эта энергия могла расходоваться на подпитку размножения, когда оно началось. Другая фракция полагает, что всё началось с размножения, — эта фракция сейчас пользуется наибольшим авторитетом в биологическом сообществе. Сторонники этой версии считают, что энергии на Земле было много и добыть её можно было без проблем, а важнейший прорыв в развитии жизни заключался в том, что однажды начался синтез молекулы, способной нести информацию (предположительно, это была РНК,

рибонуклеиновая кислота); эта молекула могла самостоятельно копироваться и передавать содержавшийся в ней генетический код.

Мы не будем решать, кто прав в этом споре; существуют сложные вопросы, ответов на которые мы пока просто не знаем. Но эти вопросы не безнадёжны. На многих фронтах мы продвинулись к пониманию абиогенеза, как теоретически, так и экспериментально. В каком бы порядке ни возникли метаболизм и размножение, оба этих процесса необходимы, и особый научный интерес состоит в том, чтобы определить, как именно все компоненты сложились в итоговый рецепт.

* * *

Если мы хотим понять, как возникла жизнь, то было бы целесообразно поискать такие черты, которые характерны для всех существующих форм жизни. Одним из таких свойств, по-видимому, является протондвижущая сила, участвующая в хемиосмосе, — о ней шла речь в главе 30. Клеточные мембраны собирают энергию, получаемую от фотонов или от таких соединений, как сахар, и используют эту энергию для вытеснения электронов из клетки, оставляя внутри избыток протонов. От взаимного отталкивания фотонов генерируется сила, которая может использоваться для выполнения полезных задач, например для производства АТФ.

Откуда жизнь вообще почерпнула эту идею? Такой способ обращения с энергией в клетке не является наиболее очевидным. Когда Питер Митчелл и Дженнифер Мойл в 1960-е годы уточняли детали хемиоосмотического процесса, биологическое сообщество отнеслось к ним с крайним скептицизмом, пока не были получены бесспорные экспериментальные доказательства. Тот факт, что природа находит этот механизм столь полезным, возможно, подсказывает, что жизнь с самого зарождения взяла хемиосмос на вооружение.

Именно здесь в дело вступает гидрогенизация диоксида углерода. Замечание Рассела указывает на тот факт, что в смеси диоксида углерода (CO_2) и газообразного водорода (H_2) содержится свободная энергия, а оба этих вещества в изобилии встречались в некоторых экосистемах молодой Земли. Если бы углерод мог каким-то образом избавиться от двух атомов кислорода и заменить их на водород, то в результате реакции образовались бы метан (CH_4) и вода (H_2O). В такой конфигурации заключено меньше свободной энергии; согласно второму закону термодинамики, такая трансформация «хочет» произойти.

Всё это происходит не само собой. Всякий раз, когда вы зажигаете свечу или что угодно другое, вы высвобождаете свободную энергию,

которая выделяется при соединении горючего с кислородом. Однако свеча не воспламеняется спонтанно — чтобы реакция началась, нужна искра.

В случае с диоксидом углерода требуется нечто более сложное, чем искра. Легко придумать такие цепочки реакций, которые постепенно отсекают атомы кислорода от углерода и заменяют их водородом. Проблема в том, что, хотя законченная последовательность такого рода приводит к высвобождению энергии, её первый этап требует *вливания* энергии и поэтому сам собой не происходит. Извлечение свободной энергии из диоксида углерода напоминает ограбление банка: в банке много денег, но, чтобы проникнуть туда, требуется изрядно постараться.

Ряд исследователей, в том числе Уильям Мартин и Ник Лэйн, а также Рассел, упорно исследуют сценарии, в которых могла бы сложиться нужная последовательность реакций, позволившая бы заграбастать окружающую свободную энергию. Они рассматривают ряд финтов, которые могли бы обеспечить такую возможность. Первый вариант — *катализ*: активизация нужной реакции под действием соединений, которые сами в реакции не участвуют, но присутствие которых обусловливает изменение формы и свойств тех химических соединений, что участвуют в реакции. Другой вариант — *неравновесное состояние*, а именно дисбаланс условий в смежных точках, который может выступить движущей силой для желаемых реакций.

Все эти компоненты сочетаются нужным образом в конкретной среде — глубоководных гидротермальных источниках. Точнее, речь идёт о *щелочных* источниках такого рода, где образуются щелочные соединения, притягивающие протоны. Это не единственная среда, в которой могла бы возникнуть жизнь; другой пример — серпентинитовые грязевые вулканы, также расположенные на океаническом дне и благоприятные для возникновения древней жизни. Однако у щелочных источников есть ряд интересных свойств.

Ещё в 1988 году Рассел, исходя из своих представлений о возникновении жизни, прогнозировал, что нам предстоит открыть особую подводную геологическую формацию — тёплые (но не слишком горячие) щелочные подводные источники, находящиеся в очень пористых породах (испещрённых крошечными карманами, словно губка) и при этом относительно стабильные и долговечные. Его идея заключалась в том, что подобные карманы могли бы обеспечить компартментализацию задолго до возникновения каких-либо органических клеточных мембран и химическое неравновесие между щелочными соединениями в источниках и окружающей насыщенной протонами кислой океанической водой могло бы

естественным образом породить протондвижущую силу, столь необходимую для биологических клеток.

В 2000 году Гретхен Фрю-Грин отправилась в морскую экспедицию к самому центру Атлантического океана. Экспедиция под руководством морского геолога Деборы Келли обнаружила группу призрачных белых башен, попавших в видеотрансляцию, отснятую роботом глубоко внизу, у самого дна океана. К счастью, на корабле был батискаф «Элвин», и Келли решила опуститься в нём на дно, чтобы рассмотреть эти структуры поближе. Дальнейшие исследования показали, что это именно такие щелочные глубоководные источники, существование которых предполагал Рассел. Недалеко от атлантического срединноокеанического хребта было обнаружено целое поле гидротермальных источников возрастом не менее 30 000 лет, названное «Затерянный город». Возможно, так был открыт лишь первый образец очень распространённой геологической формации. Мы ещё очень многого не знаем об океаническом дне.

Химия таких источников, как в Затерянном городе, очень насыщенна и определяется такими градиентами, которые вполне могли предвосхищать биологические метаболические пути. В реакциях, известных нам из лабораторных экспериментов, удалось получить ряд аминокислот, сахаров и других соединений, в конечном счёте необходимых для сборки ДНК. Согласно представлениям учёных, считающих, что всё началось с метаболизма, в самом начале должен был появиться источник энергии, обусловленный химическим неравновесием; в итоге биохимия должна была «выехать» на нём.

Альберт Сент-Дьёрдьи, венгерский физиолог, получивший в 1937 году Нобелевскую премию по химии за открытие витамина С, однажды сказал, что «жизнь — это просто электрон, стремящийся оказаться в состоянии покоя». Это хорошая формулировка, резюмирующая точку зрения «сначала метаболизм». В определённых химических соединениях заключена свободная энергия, и извлечь её оттуда может, например, жизнь. Один из привлекательных аспектов этой картины заключается в том, что мы здесь не просто делаем шаг назад от тезиса «Мы знаем, жизнь существует. Так откуда она взялась?». Напротив, мы считаем, что жизнь как раз позволяет решить задачу «У нас есть свободная энергия; как её достать?».

Учёные-планетологи полагают, что примерно такие гидротермальные источники, как в Затерянном городе, могут в изобилии встречаться на спутнике Юпитера Европе или на спутнике Сатурна Энцеладе. Возможно, дальнейшие исследования Солнечной системы позволят проверить такие представления в серии новых экспериментов.

* * *

В сообществе исследователей абиогенеза сторонники теории «сначала метаболизм» составляют ничтожное меньшинство. Как было указано выше, наиболее популярен подход «сначала размножение».

В сущности, метаболизм — это «сжигание топлива», подобное другим явлениям, которые мы наблюдаем вокруг: от горения свечи до запуска автомобильного двигателя. Кажется, что репликация сложнее, затратнее, её труднее достичь. Если на пути к возникновению жизни и существовало какое-то «бутылочное горлышко», лишь преодолев которое, жизнь могла начаться, то таким горлышком явно было размножение.

Горение — широко известная химическая реакция, которая просто самовоспроизводится. Огонь легко распространяется по лесу от дерева к дереву, но по большинству признаков не может считаться живым. Нас интересует такой процесс размножения, при котором передаётся *информация*: при таком воспроизводстве потомки сохраняют некоторую информацию о своих предках.

Есть простой пример, отвечающий таким условиям: кристаллы. Некоторые атомы могут упорядочиваться в правильные структуры, которые и называются кристаллами. Одни и те же атомы могут образовывать различные кристаллические структуры: так, если углерод выстраивается в виде кубиков, получается алмаз, а если в виде шестиугольников — графит. Кристаллы могут расти, накапливая новые атомы, а затем делиться — то есть просто распадаться на две части. Каждый «потомок» в таком случае наследует структуру родительского кристалла.

Это ещё не жизнь, но мы к ней всё ближе. Хотя базовая кристаллическая структура и может наследоваться, не наследуются её случайные изменения — мутации. Изменчивость кристаллов, конечно, возможна; в природе кристаллы часто усеяны включениями или имеют явные дефекты, когда их структура не соответствует доминантному паттерну. Однако в кристаллах отсутствует возможность передавать информацию о таких изменениях последующим поколениям. Нам нужна конфигурация, напоминающая кристалл (то есть фиксированная структура, которая может воспроизводиться), но более сложная, чем обычный регулярный паттерн.

Такую сущность описал Джон фон Нейман, блестящий венгерско-американский математик, сыгравший ключевую роль в разработке квантовой механики, статистической механики и теории игр. В 1940 годах он дал абстрактную формулировку тех признаков, которыми должна обладать система, чтобы она могла самовоспроизводиться и свободно

развиваться. Его (чисто математическая) машина под названием «универсальный конструктор фон Неймана» включала не только механизм, собственно отвечавший за самовоспроизводство, но и «ленту», на которой была закодирована структура машины. Саморепликаторы фон Неймана были реализованы в компьютерных моделях, причём они и мутировали, и эволюционировали. Никому ещё не удалось сконструировать макроскопическую физическую машину, которая бы функционировала таким образом, но не нарушала бы никаких законов физики, и NASA наряду с другими организациями всерьёз исследует возможность её создания. Можно было бы считать реальную модель универсального конструктора фон Неймана живым «существом»?

* * *

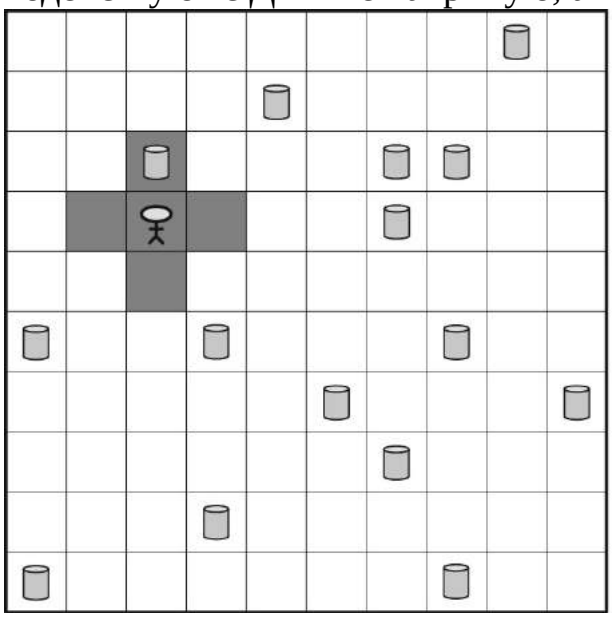
Эрвин Шрёдингер в книге «Что такое жизнь?» признавал необходимость передачи информации следующим поколениям. Кристаллы с этим не справляются, но близко подходят к решению задачи; с учётом этого Шрёдингер предполагал, что решением проблемы мог бы быть своеобразный «апериодический кристалл» — набор атомов, складывающихся в такую структуру, которая может воспроизводиться, но при этом не только повторять правильный паттерн, но и переносить существенный объём информации. Эта идея глубоко впечатлила двух молодых учёных, которым предстояло идентифицировать структуру молекулы, переносящей генетическую информацию. Это были Френсис Крик и Джеймс Уотсон, которые пришли к выводу, что молекула ДНК имеет форму двойной спирали.

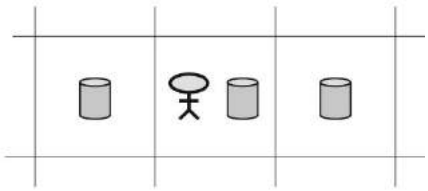
Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) — это молекула, в которой практически все известные живые организмы хранят генетическую информацию, позволяющую им функционировать. (Существуют вирусы, которые используют только РНК, а не ДНК, но вопрос о том, «живые» ли это организмы, остаётся спорным.) Эта информация кодируется последовательностями всего из четырёх букв, каждая из которых соответствует конкретной молекуле, так называемому *нуклеотиду*: аденину (А), тимину (Т), цитозину (Ц) и гуанину (Г). Эти молекулы — алфавит генетического языка. Четыре буквы образуют длинные последовательности-нити, и каждая молекула ДНК состоит из двух таких нитей, которые обернуты одна вокруг другой в форме двойной спирали. Обе нити содержат одну и ту же информацию, поскольку у каждого нуклеотида из одной нити есть парный нуклеотид в другой: А сцепляется с Т, а Ц — с Г. Уотсон и Крик в своей статье со сдержанным удовлетворением отмечали: «От нашего внимания не ускользнуло, что

специфическое спаривание, постулированное нами, указывает на возможный механизм копирования генетического материала».

Если от вашего внимания что-то всё-таки ускользнуло, поясняю, что механизм копирования таков: две спирали ДНК отцепляются друг от друга и превращаются в своеобразные лекала, а свободные нуклеотиды стыкуются с одиночной спиралью каждый на своём месте. Поскольку каждый нуклеотид может соединиться только с конкретным участком спирали, в результате возникают две копии исходной двойной спирали — как минимум в тех случаях, когда копирование прошло без ошибок.

Информация, закодированная в ДНК, регулирует биохимические процессы в клетке. Если сравнить ДНК с набором чертежей, то можно предположить, что некий «молекулярный инженер» читает эти чертежи, а потом отправляется что-нибудь по ним собирать. Почти так всё и происходит, причём в роли инженеров выступают белки. Однако в цитобиологии участвует ещё один «бюрократический эшелон». Белки взаимодействуют с ДНК не напрямую, а посредством РНК.





Молекула РНК структурно напоминает ДНК, но обычно имеет форму одиночной спирали. «Хребет» этой спирали в РНК и ДНК немного различается, и в РНК аденин стыкуется с нуклеотидом урацилом (У), а не с тимином. РНК не так стабильна в химическом отношении, как ДНК, но может нести эквивалентную информацию в своей последовательности нуклеотидов.

Информация выходит из ДНК, когда двойная спираль расплетается, и последовательности каждой спирали копируются сегментами РНК. Эти

сегменты — так называемая *матричная РНК* — переносят генетическую информацию к особым клеточным органеллам — *рибосомам*. Рибосомы, открытые ещё в 1950-е годы, — это сложные структуры, принимающие информацию из РНК и на её основе собирающие белки. В ходе этого многоэтапного процесса из относительно стабильной системы хранения информации (РНК) конструируются полезные молекулы (белки), и при этом задействуются менее стабильные переносчики информации (РНК), а также совершенно отдельные сборочные цеха (рибосомы).

* * *

Точно так же, как компартментализация и метаболизм, репликация связана с проблемой «что откуда взялось?», когда мы соотносим сложнейшие структуры, характерные для современной биологии, с более простыми системами, которые могли бы иметь небиологическое происхождение. В случае с компартментализацией требуется понять, как жизнь пришла к фосфолипидным бислоям, причём ответ может быть связан с жирными кислотами. В случае с метаболизмом нужно выяснить, как возникла клетка, работающая на протондвижущей силе, и ответ может заключаться в пористых камерах, обнаруженных в щелочных источниках. В случае с репликацией нас интересует, как возникла ДНК, и в этом нам может помочь РНК.

РНК соотносится с ДНК как устная поэзия с письменной. Обе молекулы могут передавать одну и ту же информацию, но ДНК гораздо надёжнее и прочнее. Однако она достаточно сложна, поэтому нелегко понять, как она могла возникнуть сама собой. При копировании ДНК важную часть работы выполняют белки. Но белки должны конструироваться на основе информации, сохранённой в ДНК. Как же белки могут возникнуть без ДНК, и наоборот?

Излюбленный ответ сторонников абиогенеза — это отсылка к так называемому *миру РНК*. В 1960-е годы эту базовую идею высказывали многие учёные, в том числе Александр Рич, Френсис Крик, Лесли Оргел и Карл Вёзе. ДНК хорошо переносит информацию, белки здорово выполняют биохимические функции, а РНК может делать и то и другое, пусть и не так хорошо. РНК могла возникнуть до ДНК и белков и послужить основой примитивной и более уязвимой древней жизни прежде, чем эволюция постепенно перераспределила её функции между более эффективными ДНК и белками.

Роль РНК при извлечении информации из ДНК была распознана достаточно рано, но лишь много позже биологи убедились, что РНК также может действовать в качестве катализатора, регулирующего биохимические

реакции и управляющего их скоростью. В частности, *рибозимы*, открытые в 1980-е годы, — это особая РНК, способная катализировать собственный синтез, а также синтез белков. Слово «рибозима» донельзя созвучно со словом «рибосома». Оказывается, важнейшая часть рибосомного комплекса состоит из рибозимной РНК. Таким образом, рибосома — это в основном рибозимы. (Именно из-за таких словес молодые учёные охотнее идут в физику и астрономию.)

Дальнейшие исследования показали, что существует ряд различных типов РНК, отвечающих за выполнение разнообразных внутриклеточных функций. Кроме матричной и рибосомной РНК также существует *транспортная РНК*, доставляющая аминокислоты в нужное место — туда, где из них можно будет сделать белки. *Регуляторная РНК* помогает управлять экспрессией генов. И этим список видов РНК не ограничивается. Эти открытия помогли популяризовать идею мира РНК. Если вы хотите описать возникновение жизни с точки зрения «сначала размножение», то вам нужна молекула, способная переносить генетическую информацию и самовоспроизводиться без участия каких-либо сложных механизмов. По-видимому, РНК пришлась для этого как нельзя кстати.

* * *

Идея о том, что РНК могла быть первым переносчиком генетической информации и могла как самовоспроизводиться, так и собирать другие полезные биохимические структуры, убедительна и красива. Как и любая качественная парадигма, сценарий мира РНК оказался хорош тем, что породил немыслимое количество интересных исследований.

Отметим тот факт, что РНК может выступать в качестве фермента: катализировать химические реакции, нужные как для самосборки, так и для синтеза белков. Откуда взялась такая возможность? Вполне понятно, как нуклеотидная последовательность может хранить информацию, но ферментирование кажется принципиально иной возможностью.

Для того чтобы прояснить этот вопрос, Дэвид Бэртел и Джек Шостак в 1993 году поставили интересный эксперимент. (В 2009 году Шостак получил половину Нобелевской премии за исследования о защите хромосом при делении ДНК.) В принципе они применили метод, который можно было назвать «дарвиновской эволюцией с участием человека». Для начала они взяли большой объём произвольной РНК: триллионы молекул, в которых не прослеживалось никаких характерных нуклеотидных последовательностей. Затем выбрали часть этих молекул — такие, которые обладали повышенным каталитическим действием, — и сделали множество их копий. Эту процедуру повторили несколько раз: поиск РНК,

которая казалась катализатором определённых реакций, и получение её копий. На этапе копирования происходили случайные мутации, и в результате некоторых из них новая РНК становилась более сильным катализатором, нежели прежняя. Спустя десять итераций такой процедуры стало понятно: последний набор молекул катализирует реакции примерно в три миллиона раз лучше, чем исходный. Вот яркий пример того, как случайные, ненаправленные мутации могут кардинально улучшать пригодность тех или иных веществ для выполнения полезных биохимических функций.

Ещё один интересный опыт поставили биологи Трейси Линкольн и Джеральд Джойс в 2009 году. Им удалось создать систему из двух молекул РНК-ферментов — рибозим, которые вместе показали самоподдерживающуюся репликацию. Без какой-либо поддержки со стороны окружающих белков или каких-либо других биологических структур эти молекулы смогли полностью скопировать друг друга примерно за час. Более того, молекулы то и дело мутировали и, таким образом, претерпевали дарвиновскую эволюцию, при которой сохранялись более приспособленные структуры. Это ещё никакая не клетка, но сложно не заметить, что перед нами — один из этапов, который был пройден на пути от химии к жизни.

Даже если РНК и сыграла ключевую роль в возникновении жизни, мы пока не полностью представляем себе этот процесс. Понадобился суммарный эффект компартментализации, метаболизма и репликации. Возможно, между РНК и бислоями из жирных кислот сложился симбиоз: они помогли друг другу достичь расцвета в суровой и неспокойной экосистеме древней Земли. Мембрана может защитить хрупкую РНК от внешних потрясений, помочь ей просуществовать достаточно долго для того, чтобы размножиться. Тем временем молекула РНК может привлечь на мембрану другие биомолекулы, чтобы эта мембрана могла вырасти настолько, что затем естественным образом разделится надвое — примитивное клеточное деление.

Метаболизм вписывается в эту картину сложнее, однако Шостак не видит в этом серьёзной проблемы. Он считает, что существовала протоклетка — РНК, заключённая в простую мембрану. Эта протоклетка плавала в лужице, которая с одной стороны была тёплой, а с другой — холодной. Конвективные потоки толкали клетку от одного конца лужицы к другому. На холодном конце РНК обрастала теми нуклеотидами, которые успевала подобрать, и две спирали РНК окутывали друг друга, словно пытаясь согреться. Когда течение постепенно относит такую парочку на

тёплый край водоёма, две нити постепенно расплетаются под действием тепла; мембрана обрастает ещё несколькими молекулами жирных кислот, пока не разделится надвое, и тогда у нас получаются две протоклетки (надеемся, что иногда так бывает), в каждой из которых оказывается по одной нити РНК. Обе они относятся на холодную сторону лужицы, и протожизненный цикл начинается заново.

Рассел и другие сторонники версии «сначала метаболизм» не считают, что всё могло быть так просто. Они думают, что тяжелее всего выстроить такую сложную цепочку химических реакций, которая могла бы подпитываться окружающей свободной энергией, пользуясь протондвижущей силой, возникающей в ячейках пористых пород в глубоководных источниках. С этого момента, считают они, реакции естественным образом будут потреблять любые окружающие источники свободной энергии, которые удастся найти. В таком случае жизнь может вырваться из пористого камня, обзаведясь мембранами из жирных кислот, а в дальнейшем продолжать биохимическую регуляцию при помощи ферментов, которые в конечном итоге превратятся в РНК.

* * *

Может быть, правдивы оба сценария, а может быть — ни один из них.

Нет никаких причин полагать, что мы не смогли бы выяснить, как возникла жизнь. Ни один серьёзный учёный, исследующий происхождение жизни, пусть даже верующий, не выберет конкретный процесс и не скажет: «Вот этап, для объяснения которого нужно признать наличие нефизической жизненной силы или какое-либо сверхъестественное вмешательство». Существует стойкое убеждение, что для понимания абиогенеза нужно разгадывать загадки в рамках известных законов природы, а не уповать на какую-либо сверхъестественную помощь, выходящую за пределы этих законов.

Такое убеждение связано с невероятной исторической летописью науки. Хотя и остаётся множество вопросов о происхождении жизни, которые наука пока не решила, не меньше и таких, на которые она смогла ответить, причём многие из них считались проблемами, неподвластными чистой науке (вспомните уверенное заявление Иммануила Канта о том, что никогда не родится Ньютон травинки). Как одни виды происходят от других, более древних? Как синтезируются органические молекулы? Как образуются клеточные мембраны? Как сложные цепи реакций могут преодолевать барьеры свободной энергии? Как у молекул РНК развилась способность катализировать биохимические реакции? На эти вопросы мы *уже* ответили. Можно с очень высокой байесовской субъективной

вероятностью утверждать, что эта череда успехов продолжится.

Такая точка зрения встречает сопротивление в определённых кругах, причём не только среди религиозных фундаменталистов. Идея о том, что жизнь может просто произойти от нежизни, далеко не очевидна. Подобное никогда не происходило на наших глазах, независимо от того, что там воображал себе Ян Баптиста ван Гельмонт. Современные организмы обескураживающе сложны и состоят из отдельных компонентов, которые на удивление хорошо взаимодействуют друг с другом. Сложно поверить, что всё это «просто произошло».

Фред Хойл, заслуженный британский астрофизик, известный тем, что упрямо не признавал модель Большого взрыва, пытался количественно описать эти затруднения. Он изучал конфигурацию атомов в такой биологической структуре, как клетка. Затем, позаимствовав такой ход у Людвига Больцмана, сравнивал общее число возможных комбинаций таких атомов с гораздо меньшим числом вариантов, при которых атомы могли бы образовать клетку. Перемножив ряд крошечных чисел, он сделал вывод о том, что вероятность «самосборки» жизни составляет примерно 1 к $10^{40\,000}$.

Хойл, имевший способность мастерски придумывать запоминающиеся метафоры, проиллюстрировал свою точку зрения знаменитой аналогией:

Вероятность того, что высшие формы жизни могли возникнуть этим путём, можно сравнить с вероятностью того, что торнадо, пронёсшийся по свалке, мог собрать Боинг-747 из находящихся там материалов.

Проблема в том, что хойловская трактовка возникновения жизни «этим путём» не имеет ничего общего с представлениями исследователей абиогенеза об этом процессе. Никто не считает, что первая клетка возникла в результате того, что фиксированный набор атомов многократно перегруппировался, пока наконец не стал напоминать по конфигурации живую клетку. В принципе, Хойл в очередной раз описывает сценарий с больцмановским мозгом: поистине, случайные флуктуации вместе порождают нечто сложное и организованное.

В реальном мире всё иначе. «Маловероятность», присущая низкоэнтропийным конфигурациям, вплетена в устройство Вселенной с самого начала, поскольку на момент Большого взрыва энтропия Вселенной была очень мала. Тот факт, что космос развивается именно из такого исходного состояния, а не проходит через более типичный равновесный ансамбль состояний, привносит в эволюцию Вселенной сильный фактор неслучайности. Возникновение клеток и метаболизма отражает развитие Вселенной в сторону возрастания энтропии, это не маловероятная случайность на фоне равновесия. Подобно язычкам сливок,

смешивающихся с кофе, изумительная сложность живых организмов естественным образом следует из существования стрелы времени.

Мы значительно продвинулись в понимании того, что такое жизнь и как она возникла, причём есть все основания полагать, что прогресс не остановится, пока мы не ответим на все вопросы. Впереди нас ждёт работа, связанная с химией, физикой, математикой и биологией, но не с магией.

Глава 33
Самонастройка эволюции

В 1988 году у Ричарда Ленски появилась блестящая идея: он собрался превратить эволюционную биологию в экспериментальную науку.

Эволюция — это идея, служащая мостиком между абиогенезом и великой мистерией жизни, разворачивающейся на Земле сегодня. Вне всяких сомнений, это наука; биологи-эволюционисты формулируют гипотезы, определяют вероятность тех или иных результатов при конкурирующих гипотезах, собирают данные, позволяющие уточнить субъективную вероятность каждой из этих гипотез. Однако у химиков и биологов есть одно преимущество над эволюционистами и, если уж на то пошло, над астрономами: они могут многократно ставить интересующие их эксперименты в лаборатории. Было бы очень сложно спроектировать такой лабораторный эксперимент, который показал бы дарвиновскую эволюцию в действии, как было бы не менее сложно создать новую Вселенную.

Тем не менее нельзя утверждать, что это невозможно (как минимум в случае эволюции; мы всё ещё не умеем создавать вселенные). Именно этим и решил заняться Ленски.

Его исходный проект был — и есть, поскольку эксперимент по-прежнему продолжается, — очень прост. Он взял двенадцать пробирок с питательной средой; это была жидкость с конкретным набором химических соединений, в том числе с дозами сахара в качестве источника энергии. В каждую пробирку он ввёл одинаковые популяции *E. coli*. Каждый день количество клеток в пробирке возрастает от нескольких миллионов до нескольких сотен миллионов. Один процент выживших бактерий извлекается из пробирки и распределяется по новым пробиркам с такой же питательной средой, как и ранее. От оставшихся бактерий обычно избавляются, хотя время от времени образец замораживается для контроля — так создаётся экспериментальная «палеонтологическая летопись». (В отличие от людей, бактерии легко замораживаются, а позже оживляются — современные технологии это позволяют.) Общий рост популяции составляет примерно шесть с половиной поколений в день; ограничивающим фактором является не время, а объём питательных веществ (между делениями клетки проходит менее часа). По состоянию на конец 2015 года имелось уже более 60 000 поколений бактерий —

достаточно, чтобы с ним успели произойти некоторые интересные эволюционные изменения.

Бактерии, заключённые в такую исключительно специфическую и стабильную среду, уже успели довольно хорошо к ней приспособиться. Они стали вдвое крупнее, чем особи из исходной популяции, размножаются гораздо быстрее, чем когда-либо ранее. Они отлично освоили метаболизм глюкозы, но в целом стали хуже себя чувствовать в более разнообразных питательных средах.

Наиболее впечатляет, что с *E. coli* произошли не только количественные, но и качественные изменения. Среди ингредиентов исходной питательной среды был цитрат, состоящий из атомов углерода, водорода и кислорода. Первые бактерии не могли потреблять это соединение. Но примерно через 31 000 поколений Ленски и его сотрудники заметили, что популяция в одной из пробирок стала расти гораздо быстрее, чем в других. Внимательно её изучив, учёные обнаружили, что некоторые бактерии из этой популяции приспособились перерабатывать не только глюкозу, но и цитрат.

Цитрат — не такой хороший источник энергии, как глюкоза. Однако если вы — бактерия, живущая в пробирке, кишащей другими бактериями, которые конкурируют с вами за ограниченный объём глюкозы, то возможность прокормиться другим питательным веществом пришлась бы очень кстати. Без всякой заранее определённой цели, без какой-либо подсказки или инструкции извне эволюция нашла разумное новое решение, обеспечившее расцвет одного организма в данной конкретной среде.

* * *

Происхождение жизни было причиной всех фазовых переходов. Жизнь развивается подобно другим химическим реакциям и их сочетаниям: преобразует свободную энергию в неорганизованную. Особенный аспект, выделяющий жизнь среди других химических реакций, заключается в том, что жизнь передаётся вместе с набором инструкций. Подобно ленте в универсальном конструкторе фон Неймана генетическая информация, содержащаяся в ДНК, регулирует и направляет взаимосвязанный танец реакций, составляющих суть живого организма. При передаче от поколения к поколению эти инструкции могут меняться. Именно эта возможность порождает естественный отбор.

Мы говорили о том, что ДНК могла развиться из РНК, которая, в свою очередь, катализировала процесс собственного воспроизводства в подходящих условиях. Возможно, что в критических точках на пути к возникновению РНК происходили случайные флуктуации. Больцман учил,

что энтропия *обычно* возрастает, но всегда существует вероятность, что она уменьшится. Чем больше динамических элементов в системе, тем реже будут случаться подобные флуктуации; в любом макроскопическом процессе участвует такое множество атомов, что данную возможность можно игнорировать. Тем не менее на уровне отдельных молекул эти редкие флуктуации довольно обычны и поэтому играют важную роль. Возможно, возникновение самовоспроизводящейся молекулы РНК было простым стечением обстоятельств.

Иногда естественный отбор воспринимается как «выживание сильнейших». Но ещё до начала дарвиновской эволюции как таковой уже шла конкуренция за доступную свободную энергию. Часть энергии добывалась легко, однако, чтобы получить другую её часть — подобно той энергии, что была связана в цитрате в бактериальных культурах у Ричарда Ленски, — требовалась определённая изобретательность. Хитросплетения реакций, направляемых белками, которые, в свою очередь, были синтезированы с участием нуклеотидных последовательностей РНК, вполне могли поддерживаться в таких условиях, где более простые процессы затухали. Как только к делу подключилась наследуемая генетическая информация, собрались воедино все компоненты, необходимые для естественного отбора.

* * *

С определённой точки зрения теория Дарвина кажется настолько логичной, что её появление представляется почти неизбежным. Впервые прочитав книгу «О происхождении видов» Томас Генри Гексли, современник и убеждённый сторонник Дарвина, воскликнул: «Как исключительно глупо было до этого не додуматься!». Однако естественный отбор — очень специфический процесс, который никак не назовёшь ни неизбежным, ни очевидным. Он не сводится к тому, что «вид постепенно эволюционирует со временем» или «хорошо приспособленные организмы имеют больше шансов оставить потомство».

Организмы размножаются и передают генетическую информацию следующему поколению. Эта информация в целом стабильна — дети похожи на родителей, — но не незыблема. На каждом этапе возможны мелкие случайные изменения. Эти изменения не направлены на достижение какой-либо перспективной цели, причём отдельные особи никак не смогут повлиять на них своими действиями (ваши дети не станут более мускулистыми лишь потому, что вы качаете мышцы). Если при наследовании мы получили некое малозаметное случайное изменение генетической информации, которое может повлиять на размножение, то

здесь может сработать естественный отбор. К счастью, изменения, способствующие совершенствованию организма, имеют больше шансов на передачу генетического материала, чем нейтральные или пагубные изменения.

Все эти детали нельзя принимать как должное. Вот почему биологи подчёркивают разницу между «эволюцией» и «естественным отбором». В ходе эволюции со временем изменяется геном (вся совокупность генетической информации); естественный отбор является частным случаем эволюции, при котором изменения в геноме зависят от степени репродуктивного успеха.

Дарвин ничего не знал ни о ДНК, ни о РНК, ни даже о генах — отдельных единицах наследственной информации. Основные правила наследственности сформулировал монах-августинец Грегор Мендель, поставивший ряд знаменитых экспериментов с различными сортами гороха. В 1930–1940-е годы биологи разработали *современный эволюционный синтез* — теорию, объединившую естественный отбор и менделевскую генетику. Эта парадигма продолжает уточняться по мере того, как мы всё больше узнаём о биологии и наследовании, но общая картина в данном случае остаётся крайне успешной.

Неудивительно, что биологическая реальность здесь, на Земле, оказалась сложнее, чем простейшая формулировка естественного отбора. Как и многие способы рассуждения о мире, теория Дарвина работает только в своей области применения.

В истории жизни участвуют не только организмы, приспосабливающиеся к окружающей среде, но и другие факторы. Это отлично согласуется с дарвиновской концепцией. Дарвиновский отбор происходит, но он идёт на фоне хаоса, присущего реальному миру; при этом наряду с естественным отбором происходят другие процессы. Многие признаки в геноме любого вида возникают случайно, а не в результате той или иной адаптации. Это явление называется *«дрейф генов»*. Иногда возникают мутации, никак не влияющие на приспособленность организма; в других ситуациях случайность, присущая половому размножению или обусловленная непредсказуемыми свойствами окружающей среды, может привести к тому, что некоторые признаки становятся обычными, а другие отмирают. Биологи спорят об относительной важности адаптации и генетического дрейфа, но практически нет сомнений, что оба фактора важны.

В долгосрочном эволюционном эксперименте Ленски та мутация, которая позволила некоторым бактериям метаболизировать цитрат,

произошла примерно через 31 000 поколений. Когда исследователи разморозили особей из более ранних поколений и проверили, разовьётся ли у них эта способность вновь, оказалось, что да, но только у клеток после 20 000 поколений или позже. Примерно в 20 000 поколений возникли одна или несколько мутаций, которые сами по себе не позволяли бактериям метаболизировать цитрат, но подготовили почву для того, чтобы такая способность появилась после более поздней мутации. Единственный признак может сформироваться под действием множества отдельных мутаций, которые сами по себе не окажут какого-либо заметного влияния.

Давление отбора воздействует на признаки, тогда как генетическая информация передаётся через ДНК, и соотношение между первым и вторым механизмом не такое простое. Даже такой простой признак, как высокорослость, не будет зафиксирован в конкретной последовательности нуклеотидов, а будет зависеть от взаимосвязи множества различных факторов, действующих одновременно. В результате давление отбора, действующее на один признак, может затронуть другой, если эти признаки кодируются общими множествами последовательностей ДНК. История эволюции изобилует «надстройками» — эту метафору активно подчёркивали биологи Стивен Джей Гулд и Ричард Левонтин. Это признаки, возникающие по одной причине, но в итоге используемые для совершенно иной цели. Это побочные продукты эволюции, а не аспекты, на которые непосредственно направлен естественный отбор. Гулд и Левонтин предположили, что к этой категории относятся многие свойства человеческого мозга.

Более того, наследование порой нельзя свести к простой передаче ДНК от одного поколения к следующему. Существует *горизонтальный перенос генов*, при котором гены передаются от одной особи к другой не через размножение, а иным образом. Такое явление относительно обычно у бактерий и иногда происходит у многоклеточных видов. Есть *эпигенетические* феномены, при которых химическое строение унаследованной ДНК изменяется при развитии организма под действием таких факторов, как питание, либо под влиянием условий в материнской утробе, в которых развивается эмбрион. В настоящее время неясно, в какой степени могут наследоваться подобные изменения, но, будучи унаследованными, они поддаются обычному воздействию естественного отбора.

Итак, в реальном мире царит чудная кутерьма. Может ли такой неориентированный механизм — какой и должен был сформироваться во Вселенной, управляемой безликими законами и жестко зависящей от

стрелы времени, — достаточно хорошо описать всю впечатляющую замысловатость биосферы на нашей планете? «Есть величие в этом воззрении», — пишет Дарвин в «Происхождении видов». Но на самом ли деле такого простого механизма достаточно, чтобы дельфины, бабочки и тропические леса могли образоваться из жалкой горстки органических молекул, конкурирующих за свободную энергию? Могут ли чудеса эффективности и изобретательности, характерные для живых организмов, действительно возникнуть из случайных изменений за достаточно долгий срок? (Подскажу: да.)

Глава 34
Пробираясь по ландшафту

В информатике, как и в жизни, часто встречается простая задача: найти конкретный элемент, выбрав его из множества вариантов. Рассмотрим задачу коммивояжера: имея список городов и расстояний между ними, нужно проложить между этими городами кратчайший маршрут, на котором каждый город будет встречаться только один раз. Задачу можно перефразировать. Возьмём список городов и расстояний между ними. Далее сделаем новый список, перечислив в нём все возможные маршруты, по которым коммивояжер заходит в каждый город как минимум один раз (это будет невероятно длинный, но всё-таки конечный список). Какой маршрут будет кратчайшим?

Поисковый алгоритм — это чётко сформулированная процедура для нахождения нужного элемента в списке объектов. Разумеется, можно перебрать все элементы один за другим, каждый раз спрашивая: «Этот?». Такой способ, вероятно, будет сложен, так как при поиске ответов на вполне разумные вопросы порой требуется отсортировать немыслимо огромные списки. В случае с задачей коммивояжера число возможных маршрутов возрастает примерно как факториал от числа охватываемых городов. Факториал числа n равен произведению 1 умножить на 2 умножить на 3 умножить на 4... умножить на $(n - 1)$. Таким образом, в случае с двадцатью семью городами потребуется проверить около 10^{28} маршрутов. Если бы поиск шёл со скоростью миллиард маршрутов в секунду, то занял бы больше времени, чем существует наблюдаемая Вселенная.

Таким образом, фокус не в том, чтобы найти первый попавшийся поисковый алгоритм, — нужно найти эффективный. Очень часто число вариантов так велико, что мы с радостью останавливаемся на «неплохих» решениях, не доискиваясь абсолютно точных.

Естественный отбор можно сравнить с поисковым алгоритмом. Эволюция решает следующую задачу: какой организм сможет наиболее эффективно размножаться и выживать в данной конкретной среде? Только поиск охватывает не организмы как таковые, а их геномы либо конкретные нуклеотидные последовательности в нити ДНК. В человеческом геноме содержится около трёх миллиардов нуклеотидов. Это много по сравнению, скажем, с бактериальным геномом, где насчитывается лишь несколько

миллионов нуклеотидов. Но давайте не будем задаваться: у некоторых цветковых растений в ДНК имеется более 100 миллиардов пар нуклеотидных оснований. Некоторым организмам удастся выжить и размножиться, другим — нет. Однако как среди многих поколений найти такие последовательности ДНК, которые повышают шансы организма на выживание?

С вычислительной точки зрения эта проблема считается сложной. Каждый из трёх миллиардов наших нуклеотидов может соответствовать одной букве: А, Ц, Г или Т. Общее число возможных комбинаций в ДНК такого размера, как у человека, составляет не четырежды три миллиарда (что было бы ещё не так плохо), а четыре *в степени* три миллиарда: $4^{3000000000}$, то есть единица, за которой следует примерно два миллиарда нулей. Это ошеломительно, грандиозно огромное число. Кроме того, оно завышено; некоторые нуклеотидные последовательности функционально идентичны друг другу, а из абсолютного большинства последовательностей организм бы просто не получился. Можно подсчитать гены, а не нуклеотиды; в таком случае число значительно уменьшится, хотя каждый ген допускает значительно больше четырёх форм. Итак, число остаётся огромным, а из-за взаимозависимости различных генетических функций любые подсчёты такого рода остаются в некоторой степени неопределёнными. Итак, при любом мыслимом раскладе проблема поиска «лучшего» организма путём перебора всех возможных геномов представляется титанической.

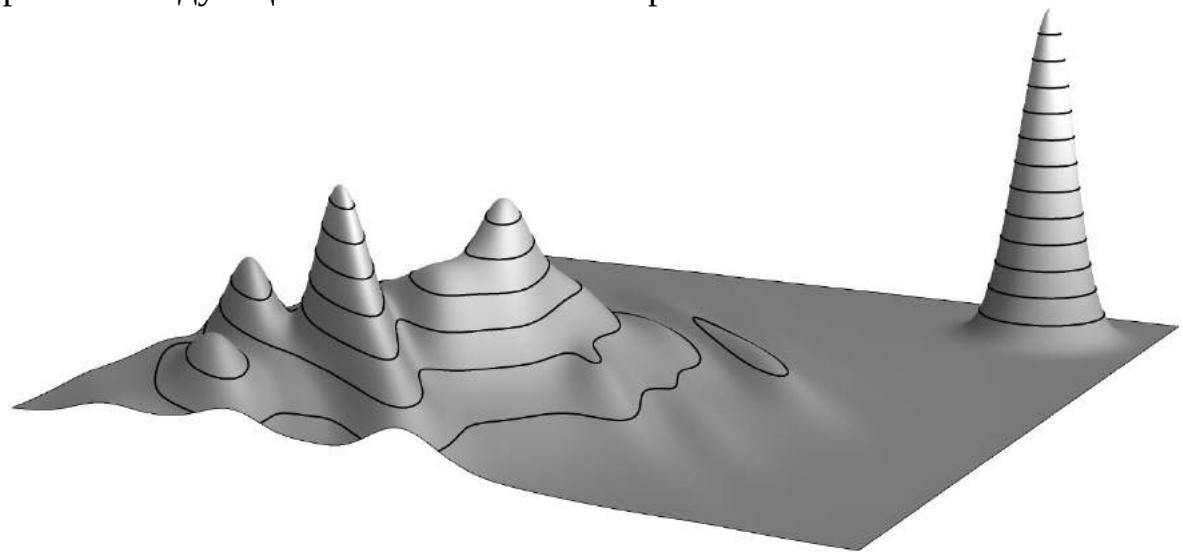
Эволюция обеспечивает стратегию поиска хорошо приспособленных геномов в невероятно большом пуле возможностей. Недавно учёные-информатики продемонстрировали, что упрощённая модель эволюции (допускающая смешивание генов путём полового размножения, но не учитывающая мутаций) математически эквивалентна одному алгоритму, разработанному специалистами по теории игр много лет назад. Этот алгоритм называется *мультипликативное обновление весов* (*multiplicative weight updates*). Обычно хорошие идеи реализуются неоднократно.

Формулировка «поисковый алгоритм» не подразумевает, что кто-то написал алгоритм и задал для эволюции цель, к которой нужно стремиться. Эволюция не достигает никаких целей, она просто происходит с лапласовским бесстрастием, шаг за шагом. В духе поэтического натурализма поисковый алгоритм можно понимать просто как полезный способ рассуждения об эволюционном процессе. В подходящих обстоятельствах они формально равны с математической точки зрения, и эта связь заставляет нас интуитивно обманываться. Однако язык — всего

лишь язык, это ещё не повод считать, что существует некая сила, направляющая ход эволюции или заблаговременно задающая цели для неё; кроме того, не бойтесь и существования некой силы, якобы мешающей вам правильно понимать слова, которые позволили бы осознать истинную сущность процесса эволюции.

* * *

Можно наглядно представить проблему эволюционного поиска как целый ландшафт, участки которого соответствуют той или иной степени приспособленности. Идея такова: можно присвоить любому геному, существующему в определённой среде, числовое значение, которое будет соответствовать его «приспособленности». Это значение характеризует, с какой вероятностью организм, обладающий таким геномом, сможет оставить потомство в данной среде. Можно визуализировать приспособленность как холмистый ландшафт, со склонами и долинами, где «направлениям в пространстве» соответствуют различные формы, которые может принимать каждый ген, а «высоте над уровнем моря» — приспособленность. На самом деле, вычерчивая ландшафт приспособленности, мы учитываем всего один-два гена, но при этом держим в уме, что на самом деле речь идёт о 25000-мерном пространстве, по одному измерению на каждый ген. «Холм» с высоким значением приспособленности соответствует такому организму, который с очень высокой вероятностью оставит потомство (и чем больше, тем лучше), а в долине с низким значением приспособленности находится геном, передача которого последующим поколениям маловероятна.



Можно сказать, что эволюция подталкивает популяции, заставляя их закрепляться всё выше и выше в ландшафте, отдавая предпочтение тем

генам, которые порождают более приспособленные организмы. Разумеется, это упрощение. Речь не идёт о едином фиксированном ландшафте приспособленности, который был бы актуален для всех видов всегда и в любых ситуациях. Как максимум можно рассматривать одну популяцию в конкретной экосистеме. Контуры ландшафта будут зависеть от всех свойств этой экосистемы. Виды появляются и вымирают, физические условия изменяются, поэтому со временем меняется и ландшафт. Тем не менее некоторые черты экосистемы могут оставаться стабильными достаточно долго, поэтому «фиксированный ландшафт» — удобная метафора для визуализации происходящих событий.

Биологи рассматривают мир не так, как физики. Концепция ландшафта существует и в физике — например, если нас интересует, в каком фазовом состоянии окажется система при заданных температуре и давлении. Однако физики, рассуждая о ландшафте, всегда имеют в виду шар, катящийся под уклон. Соответственно самыми предпочтительными точками ландшафта являются *минимумы* функции, нанесённой на графике (как правило, речь идёт о функции энергии), поскольку шары всегда катятся вниз. Биологи же размышляют о ловких горных козлах или о детях, играющих в «царя горы». Для них наиболее предпочтительными точками ландшафта являются *максимальные* значения приспособленности.

Вот как эволюция прощупывает ландшафт приспособленности, отыскивая наивысшие пики. Имеется популяция особей определённого вида, эти организмы занимают близкие точки на ландшафте. Особи рождаются, при удачном раскладе оставляют потомство и умирают. У их потомков будут уже немного иные геномы, и на ландшафте они также будут располагаться иначе — недалеко от родителей, но не там же, где они. Те, кто окажутся ниже по склону, получат меньше шансов оставить потомство, чем те, кто будет выше. Поколения сменяются, и вся популяция постепенно движется вверх по склону.

Мы чертим двумерные графики, но на самом деле число генов может быть очень велико, поэтому популяция может карабкаться вверх по ландшафту невероятно долго. Вид может никогда не добраться до вершины холма, а тем более до вершины высочайшей горы, расположенной поблизости, хотя с отдельными признаками это может произойти. Некоторые участки ландшафта относительно плоские; на них различные геномы обладают очень разными уровнями приспособленности, и дрейф генов может оказаться доминирующей силой эволюции. Более реалистично выглядел бы ландшафт, изменяющийся во времени, поскольку как

физические, так и биологические характеристики окружающей среды постоянно комбинируются. Когда это происходит, практически невозможно отыскать вершину холма и просто там усесться; вчерашняя вершина уже завтра может оказаться долиной.

Наконец, эволюционный алгоритм ни в каком смысле не гарантирует оптимального результата. Большинство изменений невелики и позволяют исследовать на ландшафте лишь ближайшие окрестности. Иногда происходят редкие мутации, позволяющие перепрыгнуть с одного пика на другой, но речь идёт лишь о таких пиках, которые расположены сравнительно близко друг от друга. Так же, как и в задаче коммивояжера, найти хорошее решение в данном случае будет исключительно полезно с любой практической точки зрения.

* * *

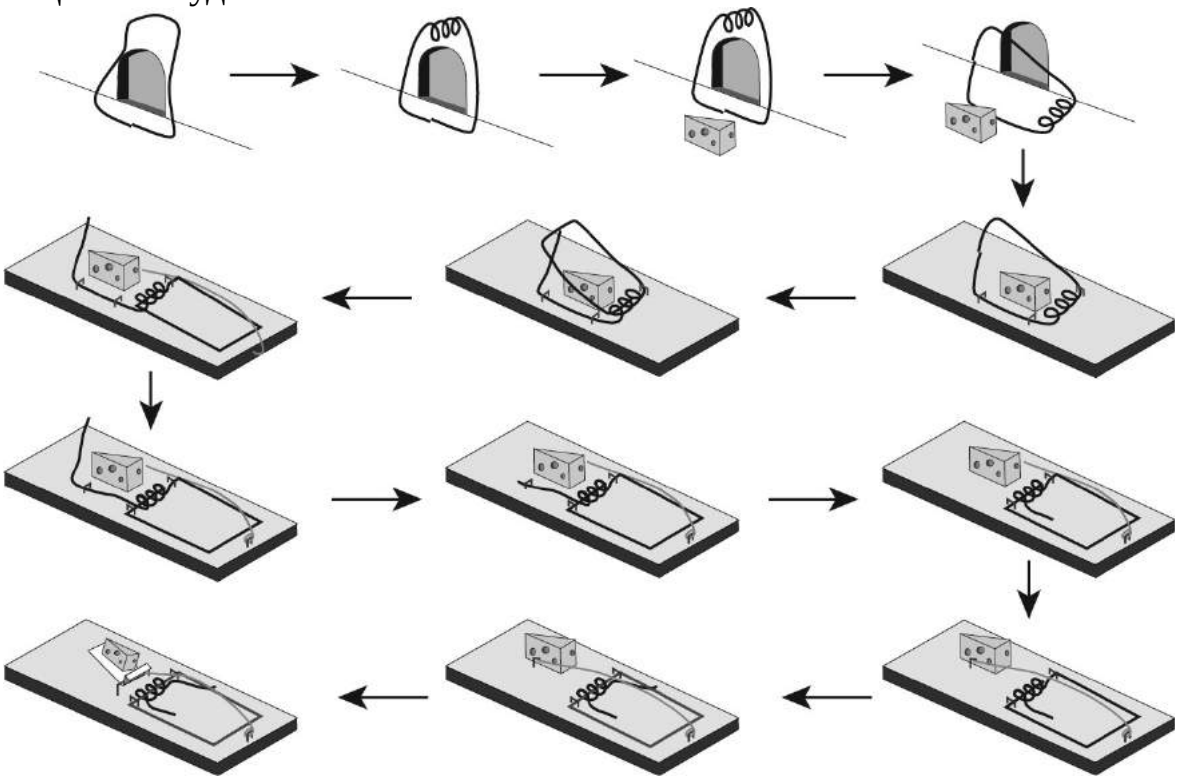
Эволюционный поиск настолько эффективен, что практикующие программисты часто используют аналогичный процесс для разработки собственных стратегий. Речь идёт о так называемых *генетических алгоритмах*. В случае с геномами можно представить себе множество всех возможных алгоритмов определённой длины, как минимум в конкретном языке программирования. Алгоритмов будет много, и в принципе нам потребуется узнать, какой из них лучше всего решает поставленную задачу. Метод генетических алгоритмов функционально подобен естественному отбору, только в роли программиста выступает сам ландшафт приспособленности. В биологии такой процесс назывался бы направленной эволюцией — чтобы подчеркнуть отличие от естественной эволюции, где ландшафт приспособленности определяется природой, не имеющей никакого конкретного плана.

Возьмём несколько произвольно выбранных алгоритмов и попробуем с их помощью решить задачу. Далее выберем те из них, которые справляются с задачей лучше всего, и позволим им «мутировать», а по возможности также позволим им смешиваться с другими успешными алгоритмами. Отбросим все неуспешные стратегии и повторим процесс. Изучаемая популяция алгоритмов будет постепенно подниматься вверх по соответствующему ландшафту приспособленности, определяемому в соответствии с тем, насколько успешно каждая из стратегий позволяет решать ту проблему, которую она должна решать. (Фактически именно так Бэртел и Шостак искали конфигурации РНК, которые могли действовать в качестве катализаторов.)

Генетические алгоритмы прекрасно иллюстрируют некоторые интересные черты эволюции как генератора стратегий. Один подобный

пример предложила специалист по информатике Мелани Митчелл. Она предлагает рассмотреть Робби — виртуального робота, живущего в простом мире. Этот мир представляет собой сетку размером 10×10 клеток. Прошлым вечером Робби закатил вечеринку, поэтому теперь по всей сетке разбросаны пустые банки. Наша задача — изобрести такую стратегию (однозначный набор инструкций, описывающих каждый шаг), которая позволит роботу Робби собрать все банки, разбросанные по сетке.

Можно предположить, что Робби достаточно переходить от одной банки к следующей и вся проблема заключается в том, чтобы найти кратчайший путь. Однако Робби имеет два существенных недостатка (возможно, слишком сильно погудел минувшей ночью). Во-первых, он не слишком далеко видит. Стоя в клетке, Робби может заметить банку в этой же клетке, а также в смежных клетках, расположенных непосредственно к северу, югу, востоку или западу от его клетки. Но этим всё ограничивается: он не может заметить банки ни в клетках по диагонали от себя, ни в каких-либо ещё более удалённых клетках.



Слева: мир робота Робби. Это сетка, состоящая из квадратных ячеек; некоторые из них пусты, а в других валяются банки. Поле зрения Робби выделено. *Справа:* Робби стоит в клетке с банкой, а поблизости также разбросаны банки

Итак, логично предположить, что Робби должен двигаться в соответствии с неким паттерном, систематически осматривая сетку и подбирая все банки, которые заметит. Но у Робби есть и второй недостаток: он абсолютно ничего не запоминает. Он не помнит, где уже был, какие банки подобрал; не помнит даже, что делал секунду назад. Он планирует следующий шаг, располагая информацией лишь о настоящем моменте, то есть не может решить «пойду сначала на восток, а потом поверну на юг», поскольку в таком случае учитываются два шага кряду.

С учётом всех этих ограничений очень просто перечислить все возможные стратегии, которых может придерживаться Робби. Он знает о пяти клетках: его собственная и ещё четыре, по одной в каждом из направлений, соответствующих сторонам света. Каждая клетка может быть в одном из трёх состояний: пуста, с банкой, либо располагаться за стеной (куда Робби попасть не может). «Состояние» Робби — это список всех параметров, которые известны ему о каждой из пяти доступных клеток: всего $3^5 = 243$ состояния. Робби может совершать семь действий: подбирать банку (если найдёт), перейти в одну из четырёх клеток по сторонам света, двинуться в произвольном направлении или просто стоять и ничего не делать.

Стратегия Робби — просто описание одного из семи действий для каждого из 243 состояний. Таким образом, общее число возможных стратегий составляет 7^{243}, или примерно 10^{205}. Вы не будете испытывать все стратегии подряд, просто чтобы найти оптимальную.

Можно проявить сообразительность и *спроектировать* такую стратегию, которая, на ваш взгляд, хорошо подходит для решения задачи. Именно так и поступила Митчелл: выбрала базовую стратегию, которая казалась «довольно хорошей — пусть, возможно, и не лучшей». Подход был прост: если Робби оказывается в клетке с банкой, он подбирает банку. Если клетка пуста, он отправляется искать банки в соседних клетках. Если в одной из них найдётся банка, то он переходит в эту клетку. Если ни в одной из соседних клеток банок не окажется, то делается шаг в произвольном направлении. Если банки найдутся в нескольких соседних клетках — Робби передвигается в указанном направлении. Назовём эту стратегию «контрольной». Как мы и рассчитывали, контрольная стратегия позволяет неплохо справиться с задачей: при большом числе попыток её КПД составляет около 69% оптимума.

В качестве альтернативы можно воспользоваться эволюционным методом и *развивать* стратегию путём направленной эволюции.

Конкретная стратегия для Робби подобна конкретному списку нуклеотидов в спирали ДНК. Это дискретная строка, несущая информацию. Можно искусственно её развивать: начав с некоторого числа произвольно подобранных стратегий, позволить им поработать некоторое время, а потом выбрать оптимальные. Затем мы делаем по нескольку копий каждой «уцелевшей» стратегии, позволяем этим стратегиям «мутировать», случайным образом изменяя несколько конкретных действий, задаваемых каждой стратегией для того или иного состояния. Можно даже сымитировать половое размножение, разрезая стратегии и складывая новую стратегию из фрагментов двух старых. Процесс напоминает эволюцию. Можно ли подыскать для Робби такие стратегии, которые окажутся лучше «довольно хорошей», разработанной специально?

Да, можно. Эволюция легко даёт более эффективные стратегии, чем замысел. Спустя всего 250 поколений компьютер справлялся с задачей не хуже, чем это позволяла контрольная стратегия, а спустя 1000 поколений результат составил почти 97% оптимума.

После того как генетический алгоритм разовьётся, мы можем отмотать ситуацию назад и рассмотреть её этапы, чтобы понять, как алгоритм стал настолько эффективен. Самая сложная часть такого обратного проектирования всё явственнее переходит в разряд насущных проблем. Многие компьютерные программы работают в соответствии с генетически сформированными алгоритмами, которых, в сущности, не понимает ни один программист, а об этом уже страшно подумать. К счастью, Робби располагает довольно ограниченным числом вариантов, и мы с лёгкостью можем уяснить, что происходит.

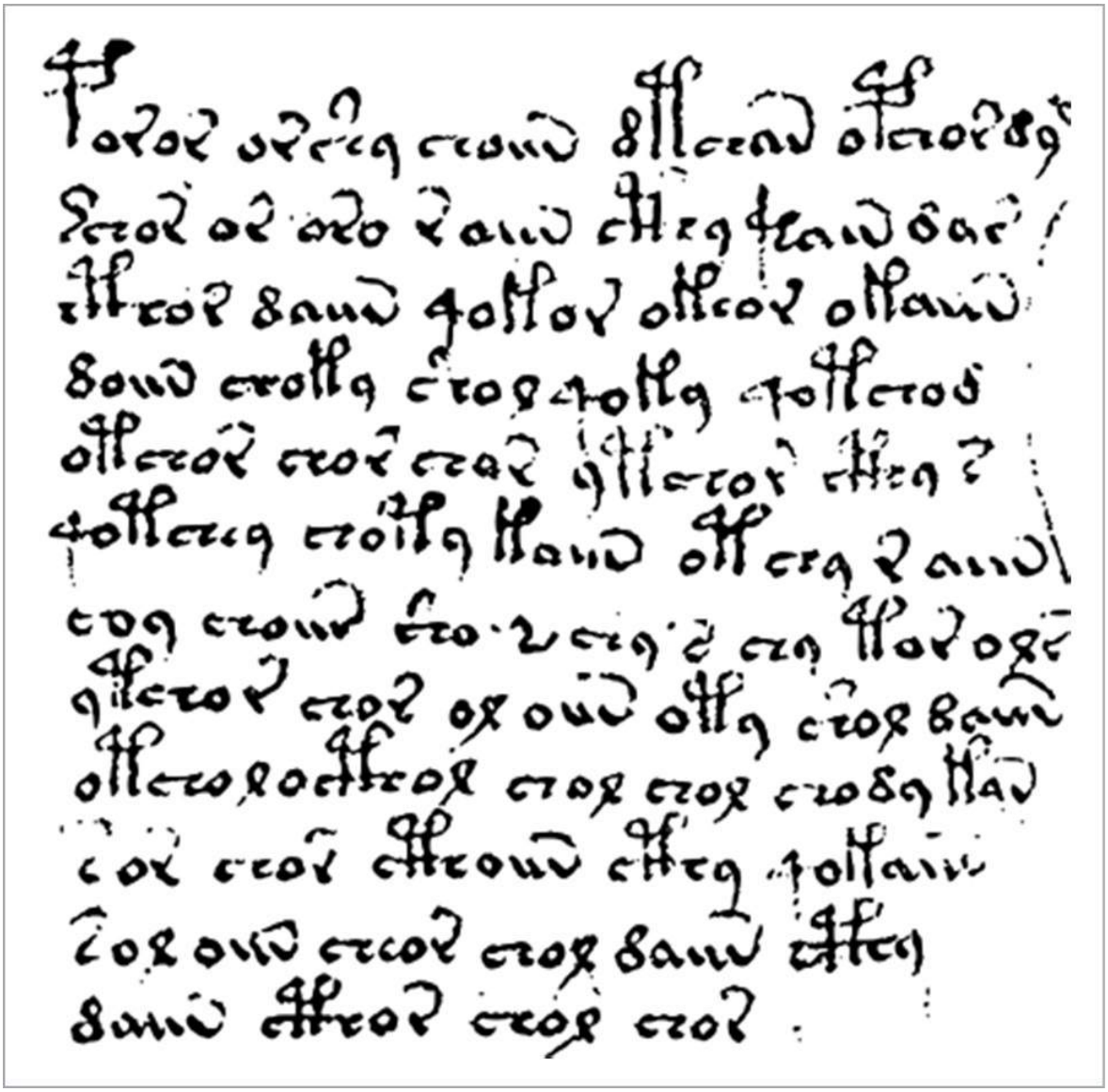
Наилучшие стратегии Робби оптимизируют контрольную несколькими умными способами. Рассмотрим ситуацию: Робби стоит в клетке с банкой, а в клетках к востоку и к западу от него тоже лежат банки. Естественно, базовая стратегия требует, чтобы он поднял банку. Однако представьте себе, что будет дальше. Сделав шаг на восток или на запад, Робби, соответственно, потеряет из виду ту банку, которая лежала в противоположном направлении. Генетический алгоритм, хотя и был сформирован на основе только лишь случайной изменчивости и отбора, «догадался об этом» и выработал более выигрышную стратегию. Когда Робби оказывается в середине последовательности из трёх банок, он не берёт ту, что лежит в его клетке, а вместо этого уходит на восток или на запад, пока не достигнет края последовательности банок. Только тогда он подбирает последнюю банку. Затем, что логично, он отправляется обратно по ряду клеток с банками, подбирая банки по пути. Оказывается, этот и

другие варианты проектирования гораздо более эффективны, чем «очевидная» контрольная стратегия.

Эволюция не всегда лучше проекта. Всеведущий инженер мог бы всякий раз находить наилучшую стратегию. Но изюминка естественного отбора или в данном случае направленной эволюции заключается в по-настоящему классной поисковой стратегии. Она не обязательно даёт наилучшие решения, но поразительно часто находит очень разумные.

* * *

Как ни шикарно справляется эволюция с прочёсыванием сложного многомерного ландшафта приспособленности, некоторых мест она не найдёт. Допустим, есть местность с очень высокой горой; вокруг неё раскинулась обширная плоская равнина, за которой начинается гряда пологих холмов. Также представим себе популяции, геномы которых расположены в этих холмах. В процессе постепенной изменчивости и естественного отбора виды смогут исследовать гряду холмов и найти там наивысшую точку. Однако, поскольку изменчивость генома в рамках популяции остаётся невелика, все особи не покинут гряду холмов. Никому не придёт в голову пуститься в долгий и сомнительный путь по плоской равнине, чтобы добраться до одиноко стоящего пика. Эволюция не может «мыслить глобально», с учётом всего множества геномов, и искать наилучший вариант; организмы совершенствуются путём случайной изменчивости, которая затем оценивается при размножении — проверяется, какую пользу принесло конкретное изменение на данный момент.



Ландшафт приспособленности с изолированным пиком; найти такой пик путём естественного отбора сложно

Неспособность найти изолированное решение определённой проблемы, присутствующее в длинном списке вариантов, не уникальна для эволюции. Практически любая эффективная поисковая стратегия в той или иной степени отталкивается от структуры списка вариантов — например, от того, что значения близлежащих точек на ландшафте мало отличаются от значения данной точки, — а не сводится к слепому перебору. Однако такая стратегия может пригодиться в качестве эмпирической проверки и помочь определить, является ли естественный отбор верной теорией биологической эволюции. Если бы кому-то удалось показать, что геном того или иного организма обладает высокой приспособленностью в рамках

ландшафта, определяемого окружающей средой, но не мог бы достичь такой приспособленности «эволюционным» путём, у нас были бы основания меньше доверять теории Дарвина.

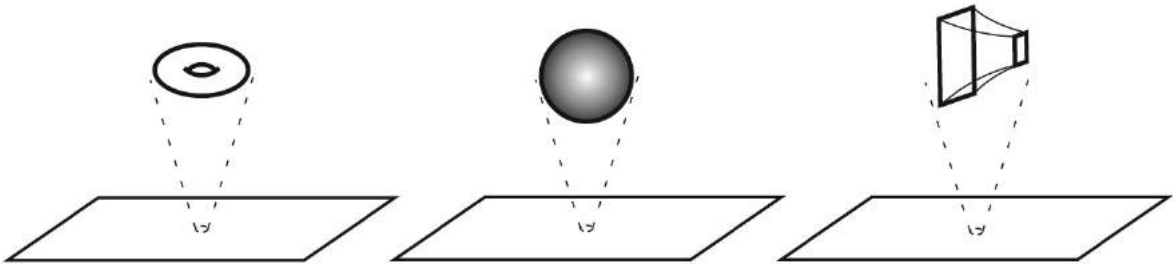
Взяв отдельный геном, как узнать, что он соответствует изолированному «пику» на ландшафте приспособленности? Такие пики существуют почти наверняка, хотя могут встречаться реже, чем кажется на первый взгляд. В двумерном ландшафте отдельно стоящие пики будут встречаться практически неизбежно, но если в рассматриваемом пространстве больше измерений, например 25 000, по одному на каждый человеческий ген, то путей от одного пика к другому может оказаться значительно больше.

Возможный критерий геномов, который не мог сформироваться эволюционным путём, был предложен Майклом Бихи, критикующим теорию естественного отбора и выступающим в пользу теории разумного замысла. Пытаясь показать, что некоторые организмы не могли возникнуть путём обычной дарвиновской эволюции, Бихи выдвинул концепцию «неуменьшаемой сложности». По определению Бихи система, обладающая неуменьшаемой сложностью, — это такая система, функционирование которой зависит от взаимодействия множества элементов, причём каждый элемент необходим, чтобы система продолжала работать. Идея заключается в том, что некоторые системы состоят из столь тесно взаимосвязанных элементов, что не могли возникнуть поступательно; они должны были появиться сразу и целиком. Мы полагаем, что эволюция этого обеспечить не может.

Проблема в том, что неуменьшаемую сложность не так просто измерить. Чтобы проиллюстрировать этот феномен, Бихи приводит пример с обычной мышеловкой. В мышеловке есть пружинный механизм, спусковой рычаг и т. д. Уберите любую деталь, говорит он, и мышеловка станет бесполезной; она могла быть только спроектирована, но не могла образоваться в результате мелких изменений, каждое из которых имело бы какую-то пользу.

Вероятно, вы уже догадываетесь, что было дальше. Как минимум двое учёных (Джон Макдональд и Алекс Фиделибус) представили возможные «эволюционные пути», по которым могла развиваться мышеловка. Они спроектировали ряд моделей, изначально очень простых и постепенно усложнявшихся, но все эти мышеловки были рабочими. На каждом этапе мышеловка работала чуть лучше, чем на предыдущем, несмотря на то что различия между этапами были минимальны. На последнем этапе получилась настоящая современная мышеловка. В довершение всего

Йоахим Дагг исследовал, как именно менялись с годами реальные мышеловки, показав, что (несмотря на то, что мышеловки являются плодом разумного замысла) они развивались постепенно, а не возникали сразу. Выражаясь словами Дагга, «популяции мышеловок изобилуют всеми предпосылками для эволюции» (изменчивостью, передачей информации и отбором).



Постепенная эволюция сложной мышеловки, показанная Джоном Макдональдом. Эволюция начинается с простой проволочки, которая смыкается, если её задеть. Постепенно мышеловка усложняется — в ней появляются: пружина; приманка, которая сначала просто лежит рядом, а потом закрепляется на дощечке; длинный «молоточек»; растяжка; скрепка, поддерживающая растяжку; короткая пружина, которая затем ещё более укорачивается; отдельная ловушка, удерживающая растяжку, отграничивающая молоточек от пружины, и, наконец, ещё более совершенная ловушка со спусковым механизмом

* * *

Неуменьшаемая сложность помогает понять глубоко скептическое отношение к эволюции, свойственное многим людям: конкретные организмы, которые мы наблюдаем в нашей биосфере, выглядят чересчур «сотворёнными», чтобы допустить возможность их возникновения «по чистой случайности и под действием отбора».

Одна из формулировок этого убеждения восходит ещё к Уильяму Пейли, предложившему аналогию с часовщиком. Пейли писал об этом ещё до того, как в науке появился Дарвин, но он приложил определённые усилия, чтобы опровергнуть любых будущих мыслителей-дарвинистов, которые стали бы отрицать центральную роль Бога, объясняя сложность мира. Он очень любил упоминать глаз. Слово «глаз» более двухсот раз фигурирует в работе Пейли «Natural Theology: or, Evidences of the Existence and Attributes of the Deity, Collected from the Appearances of Nature» («Естественная теология или свидетельства существования Бога и Его атрибутов, собранных из явлений природы»). Множество мелких компонентов, которые должны работать вместе, бесспорная

функциональная эффективность глаза, те механизмы, которые предусмотрены в организме для защиты и сохранения глаз, — с точки зрения Пейли, всё это убедительно свидетельствовало о том, что существование глаз подразумевает «необходимость разумного Создателя».

По-видимому, в истории жизни глаза независимо возникали несколько десятков раз. Несложно проследить правдоподобные пути развития глаза. Поглощение фотонов — одно из простейших действий, совершаемых живыми существами. Эта способность может быть локализована в светочувствительных участках или «глазных пятнах», которые найдены у некоторых одноклеточных организмов. Учитывая, что такой организм способен реагировать на свет, это может представлять преимущество, поскольку помогает сориентироваться, откуда падает свет. Простейший способ реализации этого — поместить глазное пятно в утопленную чашечку, как у некоторых плоских червей. Углубляя чашечку, пока она не превратится в практически сферическую полость, организм приобретает примитивную линзу, примерно как в камере-обскуре; такая встречается у некоторых современных моллюсков. Если заполнить такую глазницу жидкостью, то улучшится и защита, и фокусировка. Многие этапы на этом пути не преодолеваются «единым прыжком»; напротив, эволюция может заимствовать механизмы, ранее использовавшиеся для других функций и возникшие по иным причинам.

Итак, идея ясна: мало того что глаз может сформироваться поэтапно, с постепенным усложнением и нарастанием приспособленности, так мы ещё и наблюдаем такое развитие на примере реальных существ, живущих сегодня. При этом у человеческого глаза при всей его изумительности есть очевидные недостатки, непростительные для талантливого инженера, но совершенно объяснимые в свете эволюции. Нервные волокна, передающие визуальную информацию в мозг, нерационально расположены перед сетчаткой, а не за ней. Глаз осьминога устроен лучше: у него и нервы, и сетчатка находятся сзади, поэтому у осьминога нет слепого пятна, которое есть у человека. Наша анатомия сохраняет следы случайных событий, происходивших на протяжении эволюции.

Глава 35
Эмерджентная цель

А теперь вопрос на сообразительность с вариантами ответов. Почему у жирафа такая длинная шея?

1. Поколение за поколением жирафы тянули голову вверх, стараясь достать до листьев у самой верхушки дерева. Постепенно их шея становилась всё длиннее.

2. Длинная шея позволяет лучше питаться. Из-за случайных мутаций в ДНК шея у некоторых жирафов была длиннее, чем у других. Эти особи получали преимущество в питании перед собратьями, поскольку могли объедать листья у самой верхушки дерева. Данное преимущество передавалось от поколения к поколению, и постепенно у всех жирафов в популяции шея стала длинной.

3. Длинная шея привлекательна. Жирафы-самцы боролись за расположение самок, замахиваясь головами друг на друга. Из-за случайных мутаций в ДНК шея у одних жирафов оказалась длиннее, чем у других, что обеспечивало первым репродуктивное преимущество. Это свойство передавалось их потомкам, и постепенно у всех жирафов в популяции шея стала длинной.

4. Законы физики, исходное состояние Вселенной и наше положение в космосе привели к тому, что совокупности атомов, имеющие вид длинношеих жирафов, возникли спустя 14 миллиардов лет после Большого взрыва.

Разница между вариантами 1 и 2 часто используется для объяснения теории Дарвина и естественного отбора. Вариант 1 неверен; изменения, происходящие с особями на протяжении жизни (например, осваивание новых навыков), не откладываются в генетической информации и, следовательно, не передаются потомкам. (Здесь есть нюансы, поскольку могут наследоваться некоторые варианты экспрессии генов, зависящие от окружающей среды, пусть даже сами гены не изменяются.) Вариант 2 — более стандартное дарвинистское объяснение. Дело не в том, что жирафы из предыдущих поколений *пытались* вытянуть шею повыше, а в том, что, как только такое преимущество было приобретено, оно стало передаваться потомкам.

Есть ещё вариант 3, так называемый половой отбор. Это совершенно допустимое дарвинистское объяснение, опирающееся на конкретный

механизм давления естественного отбора для достижения ощутимого результата. Некоторые исследователи полагают, что такой вариант полового отбора лучше объясняет ситуацию, чем более традиционная трактовка удлинения жирафьей шеи с целью «дотянуться до вкусной кроны». Здесь мы видим одну из сложностей, мешающих понять, как именно эволюция протекает в реальном мире; возникновение конкретного признака может объясняться несколькими способами.

Споры продолжаются. Например, если всё дело в половом отборе, то шей у самцов и самок жирафа должны были бы развиваться по-разному, но данные свидетельствуют о том, что они развиваются схожим образом. В настоящее время вариант 2 более популярен, но по мере поступления новых данных субъективная вероятность различных гипотез продолжает уточняться.

А что же насчёт варианта 4, в котором отсутствует какая-либо эволюционная составляющая? Это утверждение верное, но в данном контексте бесполезное. С точки зрения поэтического натурализма естественный отбор — это удобный способ рассуждения об эмерджентных свойствах живой природы. Нам не обязательно использовать лексикон эволюции и адаптации, чтобы правильно описать происходящее, но работа с этим лексиконом помогает приобрести полезные знания.

Биологическая эволюция — обильный источник высокоуровневых феноменов, возникающих на фоне фундаментального описания реальности, в том числе феноменов, не имеющих прямых аналогов на глубочайшем уровне. Поскольку наша Вселенная началась из строго определённого исходного состояния и в ней есть ярко выраженная стрела времени, в этих эмерджентных представлениях уместно говорить о «цели» и «адаптации», пусть ничего подобного и не существует в базовом механистическом устройстве реальности.

* * *

Скептики, сомневающиеся в эволюции, усматривают проблему в том, каким образом совершенно новые *разновидности предметов* могут возникать из механистического движения материи. Очевидное убеждение — «с какой-то целью». Например, можно ничтоже сумняшеся сказать: «Длинная шея нужна жирафу для того, чтобы ему было легче объедать свежие листья на самой верхушке дерева». Другой пример — «информация». Говорят, что ДНК несёт генетическую информацию, зрительный нерв передаёт информацию из глаза в мозг. Затем есть сознание как таковое. Проблема в том, что такие концепции — это радикальный отход от чисто лапласовской формулировки законов физики. Как может

эволюция, по сути своей чисто физическая, породить эти совершенно новые феномены?

Естественно, здесь есть о чём беспокоиться. Эволюционный процесс является незапланированным и ненаправленным. Передача генетической информации последующим поколениям зависит только от условий окружающей среды и чистой случайности, а не от каких-либо будущих целей. Как по определению бесцельный процесс может приводить к существованию цели?

Однако такая обеспокоенность выглядит несколько странной, как минимум если говорящий о ней человек признаёт эволюционное происхождение более прозаических вещей, например жабр или глазных яблок. Такие органы «совершенно новые» в своём роде. Не существует общего принципа в духе «новые феномены не могут естественным образом возникнуть в ходе ненаправленной эволюции». Во Вселенной возникли такие вещи, как «звёзды» и «галактики», хотя когда-то их не существовало? Почему то же самое не могло произойти с целями и информацией?

С точки зрения поэтического натурализма появление «совершенно новых» концепций — например, одной теории на основе другой — кажется совершенно прозаическим. С течением времени энтропия возрастает, при этом изменяется конфигурация материи во Вселенной, поэтому возникает эмерджентность, о которой можно рассуждать различными способами. Возникновение некой «цели» сводится к вопросу: «Полезна ли концепция “цель” при разработке эффективной теории, описывающей данную часть реальности в данной области применения?». Возможно, потребуется решить массу интересных и нетривиальных технических проблем, но нет ничего удивительного в эмерджентности любых новых концепций, постоянно возникающих в мире.

* * *

Вспомним о роботе Робби, который убирал пустые банки, перемещаясь по клеткам. В наиболее успешных стратегиях, которые были искусственно сгенерированы путём многоэтапной изменчивости и отбора, Робби приспособился не подбирать банку в той клетке, где он оказался, если банки есть и в смежных клетках к востоку и западу от него. Напротив, он двинется в том или ином направлении — скажем, на запад, — пока не дойдёт до такой клетки, где очередная банка есть, а в следующей клетке на запад банки уже нет. Только тогда он отправится обратно, собирая по пути все банки.

Почему Робби действует именно так? Можно просто сказать: «Такие движения являются частью стратегии, сохранившейся в процессе развития

генетического алгоритма». Этот ответ будет эквивалентен варианту 4 из вышеприведённого рассуждения о жирафьих шеях. Ответ по сути верен, но при этом ничего не объясняет. Либо можно сказать: «Робби стремится не забыть, что с другой стороны ещё остались банки, поэтому собирается вернуться и подобрать их потом».

Это разумный способ рассуждения? Робот Робби на самом деле ни к чему не *стремится*. Он даже не настоящий робот, а просто последовательность нулей и единиц, записанных в памяти какого-то компьютера. Иногда психологи говорят об «ошибке антропоморфизма», когда мы приписываем человеческие мысли или эмоции неодушевлённым предметам («мой компьютер ругается, если я не перезагружаю его регулярно»). Может быть, вполне интересно и допустимо говорить, что Робби чего-то хочет, но ведь *на самом деле* это не так, правильно?

Попробуем рассмотреть ситуацию с другой стороны. Если мы говорим, что робот Робби ничего не хочет в том смысле, в каком мог бы хотеть человек, то неявно подразумеваем, что существуют так называемые желания, которые корректно приписывать одним сущностям во Вселенной (например, людям) и нельзя приписывать другим (скажем, виртуальным роботам). Что же всё-таки представляют собой такие «желания»?

Идея о том, что кто-то может чего-то хотеть, — это способ рассуждения, который может быть потенциально полезен в подходящих обстоятельствах. Это простая идея, удобно резюмирующая значительное количество сложных вариантов поведения. Если мы увидим мартышку, карабкающуюся на дерево, то можем описать происходящее, перечислив все действия, совершаемые мартышкой в определённый момент времени, или, если уж на то пошло, можем указать для каждого момента времени положение и скорость каждого атома, входящего в состав мартышки и окружающей среды. Однако было бы бесконечно проще и эффективнее сказать: «Мартышка лезет за бананами, висящими высоко на дереве». Мы можем это сказать, поскольку обладаем знаниями, которые несравнимо ценнее, чем информация обо всех этих положениях и скоростях.

Не существует платоновской идеи «желания», которая парила бы где-нибудь в космосе идей и которую было бы допустимо ассоциировать лишь с некоторыми существами, но не со всеми. Просто есть ситуации, о которых удобно говорить, что кто-то чего-то хочет, а в других ситуациях это не столь полезно. Такие ситуации могут возникать в ходе естественной ненаправленной эволюции материи во Вселенной. Эти желания столь же реальны, как и любые другие феномены.

Что касается Робби, нет ни необходимости, ни особенной пользы в

том, чтобы характеризовать его поведение в контексте желаний, целей или стремлений. Ничуть не сложнее сказать, какой стратегии собирания банок он придерживается. Однако, если говорить об онтологическом статусе «желаний», разница между Робби и личностью заключается лишь в степени их выраженности. Можно представить себе робота, чья программа несравнимо сложнее, чем у маленького Робби. Мы можем не знать ничего определённого об этой конкретной программе, но, пожалуй, сможем наблюдать за действиями робота. Возможно, чтобы понять его поведение, лучше всего будет сказать: «Робот действительно хочет подбирать эти банки».

Натурализм не делает особых различий между человеком и роботом. Все мы — просто сложные совокупности материи, движущиеся по принципам, определяемым объективными законами физики в окружающей среде, и в направлении, задаваемом стрелой времени. Стремления, желания, цели — всё это естественным образом развивается в ходе такого процесса.

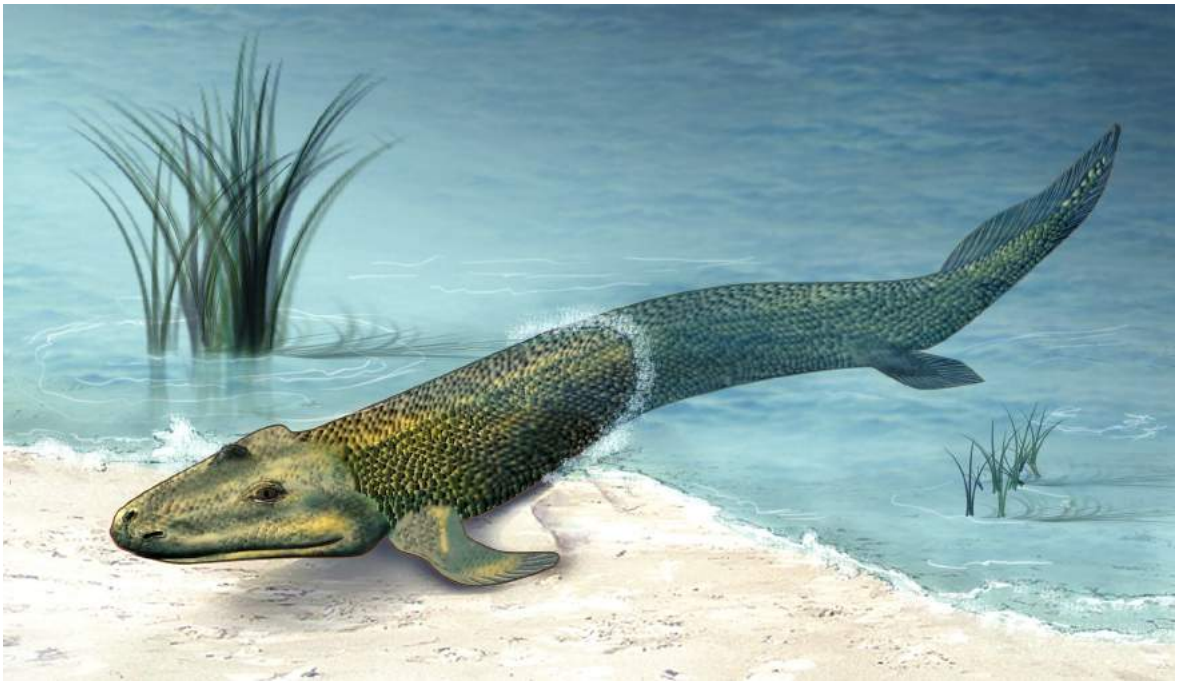
* * *

Аналогичная история складывается и с «информацией». Давайте задумаемся о ней, поскольку нам предстоит вернуться к этой теме, когда мы станем говорить о сознании. Если Вселенная — просто куча материи, подчиняющейся механистическим законам физики, то как вообще любой предмет может «нести информацию» о чём-либо? Как одна конфигурация атомов может «рассказывать» о другой?

Такие слова, как «информация», — это элементы удобного способа рассуждения о явлениях, происходящих во Вселенной. Нам даже не обязательно говорить об «информации» — достаточно остановиться на упоминавшемся выше варианте 4 и просто рассуждать о квантовом состоянии Вселенной, неотвратимо развивающемся во времени. Однако сам факт, что информация — эффективный способ описания определённых физических реальностей, открывает нам истинный и нетривиальный взгляд на мир.

Рассмотрим манускрипт Войнича. Это примечательная книга, которая, по всей видимости, была написана в начале XV века, вероятно, в Италии. Это причудливый том, полный затейливых иллюстраций на биологические и астрономические темы. Большая часть флоры, изображённой на иллюстрациях, не походит ни на какие реальные растения. Но наиболее интересно, что вплоть до настоящего времени текст книги совершенно не поддаётся расшифровке. Не только язык манускрипта, но даже сам алфавит, которым он написан, абсолютно не удаётся распознать.

Статистический анализ слов и символов в манускрипте показывает, что в целом текст подобен текстам на других языках, но криптографы ровно ничего не добились, пытаясь интерпретировать текст как некий код. Это может быть очень хороший шифр; может быть уникальный изобретённый кем-то язык, впоследствии забытый, а может быть и чистой воды мистификация.



Отрывок из манускрипта Войнича

Содержит ли манускрипт Войнича информацию?

Хочется сказать, что ответ зависит от происхождения книги. Если это действительно мистификация и слова представляют собой полупроизвольную тарабарщину, то, вероятно, информации в книге почти нет. Но если это просто хитрый код, который однажды удастся расшифровать, то там может быть масса информации, даже если вся она — лишь плод воображения.

Что, если манускрипт Войнича — это код, который никогда не удастся расшифровать? Что, если изначально он был написан с очень специфической целью, но его значение было скрыто так надёжно, что никто и никогда не сможет его прояснить? Он *всё ещё* содержит информацию? Если уложить этот манускрипт в капсулу, запустить в космос, а затем, после того как Земля погибнет от апокалиптического столкновения с астероидом, книга навечно останется плыть в пустоте — сохранится ли тогда информация?

Мы склонны употреблять слово «информация» во многих значениях, зачастую несовместимых друг с другом. В главе 4 шла речь о сохранении информации на уровне фундаментальных физических законов. Затем есть так называемая микроскопическая информация — это полное описание точного состояния физической системы — такая информация ни создаётся, ни уничтожается. Однако зачастую мы понимаем информацию как

высокоуровневую макроскопическую концепцию; такая информация действительно может появляться и исчезать. Если книгу сжечь, то содержащаяся в ней информация будет утрачена как минимум для нас, если и не для всей Вселенной.

Макроскопическая информация, содержащаяся в книге, относится к той среде, в которую она вплетена. Говоря об информации из той книги, которую мы сейчас читаем, мы имеем в виду, что написанные в книге слова *коррелируют* с определёнными идеями, возникающими в голове при чтении. Вы читаете слово «жираф» и представляете себе конкретное длинношеее африканское парнокопытное. То же касается информации, содержащейся в нити ДНК: она коррелирует с синтезом определённых белков в клетке. Именно такая связь между конфигурацией материи (книга или нить ДНК) и чем-то ещё во Вселенной (образом жирафа либо полезной белковой молекулой) позволяет нам говорить о существовании информации. Без таких корреляций — если нет и никогда не будет никого, кто мог бы прочитать книгу, либо не будет молекул РНК, которые могли бы прочитать ДНК и отправиться синтезировать белок, — говорить об информации бессмысленно.

С такой точки зрения возникновение информационно нагруженных объектов в ходе ненаправленной эволюции живой и неживой материи неудивительно. Это происходит потому, что — готовы? — Вселенная возникла в состоянии с очень низкой энтропией. Таким образом, тогда сложилось очень специфическое состояние; если просто знать низкоэнтропийную макроскопическую конфигурацию Вселенной, то можно получить массу информации и о её состоянии на микроуровне. (В состоянии равновесия, когда энтропия высока, состояние на микроуровне может быть практически любым, и мы, в сущности, ничего не знаем о нём.) По мере развития Вселенной из этой очень специфической конфигурации в сторону всё более прозаических естественным образом возникали корреляции между различными частями такой Вселенной. В данном случае становится уместно сказать, что одна часть несёт информацию о другой. Это просто один из полезных способов рассуждения о мире на эмерджентном макроуровне.

* * *

В конце 1990-х в США возникли противоречия по поводу «Заявления о преподавании эволюции», принятого Национальной ассоциацией преподавателей биологии (NABT):

Биоразнообразие на Земле является результатом эволюции: неконтролируемого, безличного, непредсказуемого и естественного

процесса смены поколений с течением времени, сопровождающегося генетической изменчивостью, на которую влияют естественный отбор, вероятность, историческая случайность и изменение окружающей среды.

Споры возникли из-за слов «неконтролируемый» и «безличный». Некоторым показалось, что такая характеристика уже не является чисто научной, а претендует на суждение о вопросах, относящихся к сфере влияния религии. Двое знаменитых богословов, Олвин Плантинга и Хьюстон Смит, написали в NABT письмо, в котором доказывали, что такое посягательство «снизит уважение американцев к учёным и их месту в культуре». По-видимому, они считали, что в любом явном конфликте между наукой и религией американцы обязательно выберут религию. Плантинга и Смит убеждали совет директоров поправить формулировку и убрать из неё слова «неконтролируемый» и «безличный». После некоторых дебатов совет согласился, и в последующих публикациях эти слова в формулировке не упоминались.

Можно говорить о дипломатической мудрости такого поступка, но исходная формулировка NABT была корректна с научной точки зрения. Теория эволюции описывает неконтролируемый и безличный процесс. Эта теория может быть неверной или неполной; то, что кажется нам ненаправленной эволюцией, на самом деле может мягко подправляться в нужную сторону под действием неявной или невидимой силы. Но это уже другая теория, которую вы вправе препарировать и даже попробовать испытать проверенными научными методами. В теории, которая, по-видимому, отлично описывает историю жизни на Земле, ничто не контролируется и отсутствует всякий личностный аспект. Естественный отбор не стремится ни к какой цели, будь то постепенное усложнение, или в конечном итоге возникновение сознания, или вящее прославление Бога.

Учитывая колоссальный эмпирический успех теории Дарвина, неудивительно, что некоторые религиозные мыслители предлагают свои версии «теистической эволюции» — полуестественного отбора, направляемого рукой Бога. Среди сторонников такой точки зрения есть ряд выдающихся биологов, в том числе Френсис Коллинз, директор Национальных институтов здравоохранения США, и Кеннет Миллер, специалист по клеточной биологии, активно выступавший против преподавания креационизма в американских школах.

Возможно, самый популярный способ попытаться примирить эволюцию с божественным вмешательством — воспользоваться вероятностной природой квантовой механики. Рассуждение строится так: мир классической физики был бы полностью детерминирован с начала и до

конца, и в нём Бог никак не мог бы повлиять на эволюцию жизни, не нарушая при этом законов физики. Однако квантовая механика прогнозирует лишь вероятности. С такой точки зрения Бог мог бы просто выбирать определённые квантовомеханические результаты и воплощать их в реальности, не нарушая при этом законов физики; просто Он согласовывал бы физическую реальность с одной из множества возможностей, допускаемых квантовой динамикой. В том же духе Плантинга предполагал, что квантовая механика позволяет объяснить ряд случаев божественного вмешательства — от чудесных исцелений и превращения воды в вино до расступления Красного моря.

Действительно, все эти, на первый взгляд, чудесные события *допускаются* квантовой механикой; просто они очень маловероятны. Крайне, исключительно, вопиюще маловероятны. Если бы мы населили учёными все планеты, вращающиеся вокруг всех звёзд во Вселенной, и предложили им ставить эксперименты в течение периода, многократно превышающего нынешний возраст наблюдаемой Вселенной, то было бы крайне маловероятно, чтобы хоть кто-то из них наблюдал бы превращение хотя бы одной капли воды в вино. Но это возможно.

«Возможность» как таковая не является доказательством в пользу теистической эволюции. В принципе есть два сценария. В одном из них тот выбор, который происходит при каждом квантовом событии, с высокой вероятностью реализуется сам собой, а рука Бога просто выбирает одно из вероятных событий из нескольких вариантов. В таком случае Бог практически ничего не делает. Появление человеческих существ никогда не было крайне маловероятным; оно вполне могло произойти без божественного вмешательства. Если вы молитесь, чтобы монетка выпала орлом, и так и происходит, было бы странно излишне благодарить за это Бога. Или, с байесовской точки зрения, увеличение вероятности желаемого исхода, достижимое при помощи божественного вмешательства, и близко не компенсирует дополнительную сложность и неизбежное уменьшение точности, связанное с тем, что в физический порядок вмешиваются сверхъестественные силы.

Другой сценарий: те события, которые позволили человеческим существам возникнуть в ходе эволюции, были исключительно маловероятны, пусть и возможны — вероятность их была сравнима, пожалуй, с вероятностью спонтанного расступления Красного моря. В таком случае вы не просто опираетесь на квантовую неопределённость, а нарушаете законы физики. Факт наблюдения столь крайне маловероятного события, которое не стоило и рассчитывать увидеть в известной части

Вселенной, следует считать доказательством того, что ваша теория расчёта вероятностей неверна. Если вы наблюдаете, как кто-то сто раз подбрасывает монетку и она всё время падает орлом, то такой исход, конечно, возможен при честной игре, но с гораздо большей вероятностью указывает на жульничество.

Квантовая неопределённость ничуть не оправдывает тех, кто хочет найти Богу место в эволюции мира. Если Бог оперирует результатами, которые выражаются в виде квантовых событий, то это по сути такое же вмешательство, как и воздействие на импульс движения планеты в классической механике. Бог либо влияет, либо не влияет на события, происходящие в мире.

Проблема теизма в том, что никаких доказательств божественного вмешательства не существует. Сторонники теистической эволюции не могут обосновать, что божественное вмешательство *необходимо* для объяснения эволюционного процесса; они просто пытаются при помощи квантовой механики утверждать, что такое вмешательство возможно. Разумеется, оно *возможно*, если Бог существует; Бог может делать всё, что ему угодно, невзирая на законы физики. На самом деле сторонники теистической эволюции пользуются квантовой механикой как фиговым листком: не Бог позволяет миру быть таким, каков он есть; просто самим теистам удаётся представить, что Бог действует совершенно незаметным образом, не оставляя никаких следов.

Непонятно, почему Бог так старательно пытался бы скрыть свои действия от людей. Такой подход редуцирует теизм до проблемы с ангелом, направляющим Луну; её мы обсуждали в главе 10. Нельзя опровергнуть теорию в каком-либо возможном эксперименте, поскольку она сформулирована именно так, что совершенно неотличима от обычной физической эволюции. Однако это также ничего вам не даёт. Наиболее логично отдать предпочтение идее, что божественного вмешательства просто не существует.

Глава 36
Всё ради нас?

При всей зрелищности и грандиозности жизни и биологической эволюции не кажется ли вам всё это довольно хрупким? Если бы условия были чуть-чуть иными, могла бы жизнь вообще не возникнуть?

Исходя из этой проблемы зачастую утверждают, что существование жизни свидетельствует против натурализма. Идея в том, что все условия — от массы электрона до скорости расширения молодой Вселенной — тонко настроены именно для существования жизни. Далее аргументация такова: если бы эти значения хотя бы немного отличались от существующих, то нас бы не было и некому было бы об этом рассуждать. Это совершенно логично в контексте теизма, поскольку Бог хочет, чтобы мы здесь были. В рамках натурализма такую точность объяснить сложно. Выражаясь в терминах Байеса, вероятность возникновения жизни во Вселенной велика в случае справедливости теизма и невелика при справедливости натурализма. Следовательно, можно заключить, что само наше существование — серьёзное доказательство в пользу бытия Бога.

Аргумент в пользу бытия Бога, связанный с тонкой настройкой, увлекает многих по ложному пути. Он словно охватывает всё, что открыла наука со времён Коперника, и переворачивает с ног на голову. Если такая логика верна, то мы, образно выражаясь, — центр Вселенной. Мы — та причина, по которой существует Вселенная; такие величины, как масса электрона, подстроены специально под нас, а не возникли случайно или под действием некоего физического принципа. Не слишком ли дерзко обдумывать все взаимодействия квантовых полей в рамках Базовой теории, рассматривать снимки сотен миллионов галактик, наполняющих нашу Вселенную, и говорить: «Я знаю, почему всё именно так, — чтобы я мог здесь быть»?

Тем не менее тонкая настройка — пожалуй, наиболее весомый аргумент в пользу теизма. Это не какое-нибудь мудрёное априорное рассуждение, которое позволяло бы нам проиллюстрировать некую черту Вселенной, не вставая из кресла. Аргумент тонкой настройки строится по тем правилам, которыми мы пользуемся при познании мира. Берутся две теории — натурализм и теизм, и затем для проверки каждой из них делается прогноз, а затем эмпирически определяется, какой из прогнозов подтверждается в нашем мире. Это наилучший аргумент в пользу

существования Бога, который у нас есть.

Однако он всё равно не слишком хорош. Аргумент этот в значительной мере опирается на феномен, называемый в статистике «старые доказательства», — ведь мы не начинаем с формулировки доказательств в пользу теизма и натурализма и их проверки, а изначально знаем, что жизнь существует. Кроме того, выборка нерепрезентативна; мы могли бы рассуждать об этом лишь в тех мирах, где можем существовать, поэтому сам факт нашего существования не сообщает нам ничего нового.

Всё-таки сторонники натурализма должны воспринимать тонкую настройку всерьёз, то есть должны понимать, как Вселенная выглядела бы при условии справедливости теизма и натурализма, чтобы можно было обоснованно сравнить, как наблюдаемая реальность сочетается с субъективной вероятностью того и другого. Мы видим, что существование жизни в лучшем случае слегка повышает вероятность того, что теизм верен, тогда как другие черты Вселенной исключительно убедительно свидетельствуют в пользу натурализма.

* * *

Важнейший шаг — определить вероятность, с которой мы можем получить те или иные экспериментальные результаты при условии верности каждой из теорий. Это проще сказать, чем сделать, учитывая, какое множество вариантов теизма и натурализма сейчас существует. Мы приложим максимум усилий, но всё равно должны понимать, что наша оценка вероятностей будет весьма приблизительной, а в окончательном ответе всё равно будет присутствовать некоторый субъективный элемент.

Если натурализм верен, какова вероятность того, что во Вселенной могла бы существовать жизнь? С точки зрения тонкой настройки обычно считается, что такая вероятность очень мала, поскольку при минимальном изменении значений констант, определяющих наш мир, жизнь стала бы невозможна.

Знаменитый пример такой величины — значение энергии самого пространства, или энергии вакуума; эта величина называется «космологическая постоянная». Согласно общей теории относительности, в каждом кубическом сантиметре пространства может содержаться определённый объём энергии. Наиболее точные современные измерения демонстрируют, что эта энергия небольшая, но ненулевая: около одной стомиллионной эрга на каждый кубический сантиметр пространства. (Эрг — это совсем мало энергии; стоваттная электрическая лампочка использует более миллиарда эрг в секунду.) Однако энергия вакуума могла бы быть гораздо выше. Ориентировочные расчёты показывают, что её значение

вполне могло бы составлять примерно 10^{112} эрг на кубический сантиметр, что на целых 120 порядков выше её фактического значения.

Если бы энергия вакуума возросла до такого «естественного» значения, то вы не читали бы сейчас эти слова. Не существовало бы ни книг, ни людей. Энергия вакуума ускоряет расширение Вселенной, отталкивая тела друг от друга. Столь огромная энергия просто распотрошила бы атомы, и в таком случае существование чего-либо вроде «жизни» было бы крайне маловероятным. Минимальное же значение энергии вакуума в реальном мире, напротив, представляется мягким и способствующим существованию жизни.

Энергия вакуума — не единственная величина, которая словно настроена для существования жизни. Механизм горения звёзд (в конечном итоге обеспечивающий нашу биосферу свободной энергией) критически зависит от массы нейтрона. В основе горения звёзд лежит термоядерный синтез. Первый его этап — это слияние двух протонов, при котором один из них превращается в нейтрон, и в результате образуется ядро дейтерия. Если бы нейтрон был чуть тяжелее, то такая реакция в звёздах не происходила бы. Если бы он был чуть легче, то весь водород в молодой Вселенной превратился бы в гелий, а жизнь гелиевых звёзд гораздо короче. Как и энергия вакуума, масса нейтрона кажется тонко настроенной для существования жизни.

Это вполне возможно. Но существуют два нюанса, позволяющие считать такой тезис, мягко говоря, немного ненадёжным.

Во-первых, мы не можем обоснованно судить, вероятны ли некоторые значения физических величин, либо маловероятны. Энергия вакуума в нашем мире гораздо незначительнее, чем позволяли предположить сделанные оценки. Но эти обычные оценки могли быть глубоко ошибочны, поскольку мы делаем их исходя из законов физики, которые не вполне понимаем. Например, максимальная энтропия, которая может быть заключена в некоторой области пространства, тем выше, чем ниже энергия вакуума. Возможно, существует закон физики, согласно которому максимальное значение энтропии в пространстве с большей вероятностью окажется высоким, а не низким. В таком случае физика должна благоприятствовать крайне малым значениям энергии вакуума — именно это мы и наблюдаем. Не следует чрезмерно драматизировать, если значения физических величин кажутся неестественно высокими или низкими, пока не поймём, согласно какому механизму формируются эти значения и существует ли такой механизм вообще. Всё это можно объяснить обычными физическими процессами, никак не связанными с

существованием жизни.

Во-вторых, мы не слишком хорошо себе представляем, а была бы Вселенная пригодна для жизни, если бы значения констант были иными. Ситуация такова: если бы мы ничего не знали о Вселенной, кроме основных числовых значений из базовой теории и космологии, могли бы мы спрогнозировать, что в такой Вселенной возникнет жизнь? Это представляется крайне маловероятным. Нелегко перейти от Базовой теории даже к такой простой системе, как периодическая таблица элементов, а тем более к органической химии и в конечном итоге к жизни. Иногда вопрос относительно прост: если бы энергия вакуума была гораздо выше, нас бы не существовало. Однако, когда речь заходит о большинстве числовых параметров физики и астрономии, очень сложно сказать, что бы случилось, будь у них другие значения. Можно практически не сомневаться в том, что Вселенная выглядела бы совсем по-другому, но мы не знаем, благоприятствовала ли она развитию биологических процессов. Действительно, недавний анализ, проведённый астрономом Фредом Адамсом, показал, что масса нейтрона могла бы существенно отличаться от своего фактического значения, а звёзды всё равно бы могли сиять на основе альтернативных механизмов, не действующих в нашей Вселенной.

Жизнь — это сложная система перекрывающихся химических реакций, в основе которых лежат механизм обратной связи и свободная энергия. Здесь, на Земле, жизнь приобрела особую форму, воспользовавшись изумительной гибкостью химии углерода. Кто может сказать, какие формы могли бы приобрести аналогичные сложные системы? Фред Хойл, возмутитель спокойствия в мире астрономии, любивший скептически высказываться о Большом взрыве и оспаривавший представления о происхождении жизни, который написал фантастический роман «Чёрное облако», где Земле угрожает огромное живое разумное облако, состоящее из межзвёздного газа. Роберт Форвард, ещё один учёный с научно-фантастической жилкой, написавший книгу «Яйцо дракона» о микроскопических живых существах, обитающих на поверхности нейтронной звезды. Возможно, спустя триллион триллионов лет, много после того как угаснет последняя звезда, тёмная галактика будет населена прозрачными существами, парящими в тусклом свете, излучаемом чёрными дырами, и каждый удар их «сердца» будет занимать миллионы лет. Всё эти кажется таким далёким, но нам известны некоторые физические системы, в которых естественным образом развиваются сложные свойства по мере того, как со временем увеличивается энтропия. Не так сложно себе представить, что жизнь могла развиться в неожиданных

местах.

* * *

Есть ещё одна знаменитая проблема: возможно, на свете существует не просто Вселенная, а Мультивселенная. Физические параметры, которые кажутся тонко настроенными, — даже, казалось бы, незыблемые константы, в частности масса нейтрона, — могут различаться в разных точках Вселенной. Если это так, то совершенно логично, что мы живём именно в такой части Мультивселенной, где возможна жизнь. Где бы ещё мы могли оказаться?

Иногда такая идея именуется *антропным принципом*, причём из-за одного упоминания о нём порой вспыхивают жаркие дебаты между сторонниками и противниками этой идеи. Это очень плохо, поскольку базовая концепция очень проста и практически бесспорна. *Если* мы живём в мире, в разных частях которого условия существенно различаются, *то* наша картина мира получается весьма избирательной: мы можем очутиться только в той части мира, параметры которой допускают наше существование. Так, например, в Солнечной системе существует ряд планет и некоторые из них гораздо крупнее Земли. Но никому не кажется странным, что мы живём только на Земле, никто не усматривает в этом тонкой настройки. Просто эта планета наиболее благоприятна для жизни. Вот и антропный принцип в действии.

Единственный серьёзный вопрос в данном случае — насколько обоснованно предположение о том, что мы действительно живём в Мультивселенной. Терминология здесь немного запутанная; согласно натурализму, существует всего один мир, но этот «мир» может включать целую Мультивселенную. Поэтому нас интересует *космологическая Мультивселенная*. Это означает, что в космосе действительно существуют различные области, расположенные очень далеко от нас и вследствие этого недоступные для наблюдения, условия в которых серьёзно отличаются от известных. Эти области мы именуем «другими вселенными», хотя на самом деле они всё равно являются частью естественного мира.

Поскольку с момента Большого взрыва прошло конечное количество лет, а скорость света также конечна (один световой год в год), какие-то области пространства расположены так далеко от нас, что мы просто не можем их увидеть. Вполне возможно, что за нашим горизонтом видимости есть места, где действуют совершенно другие законы физики — своя Базовая теория: иные частицы, иные взаимодействия, иные параметры, даже иное число пространственных измерений. Возможно существование великого множества таких областей, в каждой из которых действуют свои

локальные законы физики. Это космологическая Мультивселенная (это иная идея, нежели «многомировая интерпретация» квантовой механики, где все ответвления волновой функции подчиняются одним и тем же законам физики).

Кому-то подобные спекуляции не нравятся, поскольку они основаны на феноменах, которые недоступны для наблюдения и таковыми останутся. Однако, даже если бы мы могли увидеть другие вселенные, их существование никак бы не повлияло на наши представления о наблюдаемой Вселенной. Если Вселенная всего одна, то загадку энергии вакуума можно сформулировать следующим образом: «Почему энергия вакуума имеет именно такое значение, а не другое?». Если вселенных много и в каждой из них значение энергии вакуума отличается, то вопрос формулируется иначе: «Почему мы находимся в той части Мультивселенной, где энергия вакуума приняла данное конкретное значение?». Это довольно разные проблемы, но каждая из них является обоснованным научным вопросом, и решать каждую из них нужно традиционными научными методами. Итак, какая физическая модель наилучшим образом объясняет имеющиеся данные?

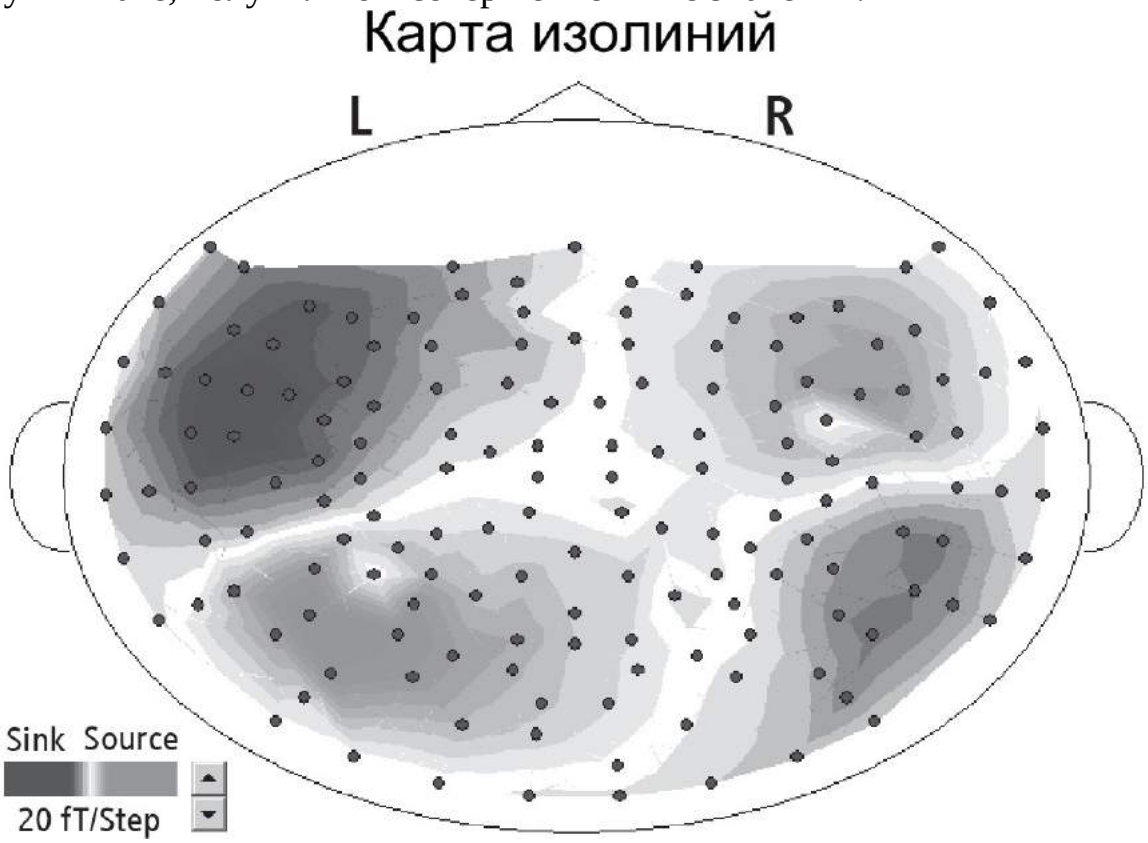
Признаться, идея Мультивселенной казалась бы несколько сомнительной, если бы мы теоретизировали обо всех этих различных областях пространства совершенно безосновательно либо только пытаясь решить проблемы, связанные с тонкой настройкой. В таком случае эта модель казалась бы чрезмерно сложной и надуманной. Даже если бы она хорошо согласовывалась с данными, то было бы естественно проверить её самым суровым образом, прежде чем присваивать ей априорную субъективную вероятность; простые теории всегда предпочтительнее сложных.

Однако в современной космологии Мультивселенная — далеко не только теория. Это, скорее, *прогноз*, построенный на основе других теорий — тех, которые формулировались для совершенно иных целей. Идея Мультивселенной появилась не потому, что люди считали её классной; она родилась благодаря тому, что мы всеми силами стараемся понять наблюдаемую часть Вселенной.

В частности, есть две теории, подводящие нас к размышлениям о Мультивселенной: это теория струн и инфляционная теория. В настоящее время теория струн — наиболее перспективная парадигма, которая, возможно, позволит увязать гравитацию с законами квантовой механики. Естественно, теория струн предполагает, что в пространстве больше измерений, чем мы наблюдаем. Можно подумать, что сам этот факт

исключает теорию и мы должны жить дальше, не учитывая её. Но эти дополнительные измерения в пространстве могут быть свернуты в крошечную геометрическую фигуру, слишком миниатюрную, чтобы её удалось наблюдать в каком-либо из поставленных экспериментов. Существует много вариантов такого свёртывания, то есть много разнообразных форм, которые могли бы принимать дополнительные измерения. Точного числа мы не знаем, но, по оценкам физиков, может быть около 10^{500} таких вариантов.

Любой подобный способ скрытия дополнительных измерений — в теории струн такой способ называется *«компактификация»* — даёт эффективную теорию с собственными наблюдаемыми законами физики. В теории струн «физические константы», например значение энергии вакуума или массы элементарных частиц, зависят именно от того, каким образом скрытые измерения свёрнуты в данной области Вселенной. Жители другой области пространства, где дополнительные измерения свёрнуты иначе, получили бы совершенно иные значения.



Различные способы, которыми могут быть компактифицированы и скрыты дополнительные измерения. Каждая возможность даёт иные значения, характеризующие физические законы, которые мы могли бы зафиксировать в этой области пространства

Итак, теория струн допускает существование Мультивселенной. Однако, чтобы описать Мультивселенную как реальную сущность, мы обратимся к инфляционной теории. Эта идея была впервые сформулирована в 1980 году Аланом Гутом в следующем виде: на заре существования юная Вселенная пережила период стремительного расширения, которое подпитывалось своеобразной сверхвысокой энергией вакуума, существовавшей некоторое время. Это во многом помогает объяснить наблюдаемую Вселенную: в таком случае пространство–время должно быть ровным, гладким, но с небольшими флуктуациями плотности, то есть именно такими сгустками, из которых под действием силы тяжести со временем могут сформироваться звёзды и галактики. В настоящее время у нас нет прямых доказательств того, что инфляция действительно происходила, но эта идея столь естественна и полезна, что многие космологи приняли её в качестве основного механизма, объясняющего, как наша Вселенная могла приобрести современное состояние.

Если взять идею инфляции и скомбинировать её с принципом неопределённости из квантовой механики, мы можем прийти к драматическому и неожиданному следствию: в каких-то областях Вселенная прекращает расширяться и начинает выглядеть такой, какой мы наблюдаем её сейчас, а в других областях инфляция продолжается. Благодаря такой «вечной инфляции» порождается всё больше и больше пространства. В любой отдельно взятой области инфляция когда-нибудь закончится, и, когда это произойдёт, мы можем столкнуться с совершенно иной компактификацией дополнительных измерений, чем где бы то ни было. Инфляция может породить потенциально бесконечное число областей, в каждой из которых будут действовать свои законы физики, — по сути, отдельных «вселенных».

Вместе инфляционная теория и теория струн, пожалуй, позволяют говорить о существовании Мультивселенной. Мы не обязаны постулировать Мультивселенную как часть нашей окончательной физической теории. Мы постулируем инфляционную теорию и теорию струн; обе они — простые и надёжные идеи, возникшие независимо друг от друга. Тогда мы получаем Мультивселенную «даром». Как инфляционная теория, так и теория струн на настоящий момент являются абсолютно умозрительными идеями: у нас нет никаких эмпирических доказательств, что они верны. Тем не менее, насколько мы можем судить, это разумные и многообещающие идеи. Остаётся надеяться, что новые наблюдения и теоретические разработки помогут нам раз и навсегда

решить эти вопросы.

Можно не сомневаться, что *если* мы придём к пониманию Мультивселенной таким путём, то всякое беспокойство о тонкой настройке и существовании жизни будет исчерпано. Очутиться во Вселенной, благоприятствующей существованию жизни, не более странно и не более информативно, чем обнаружить, что мы живём на Земле; есть много разных областей, и только в этой мы можем жить.

Какова должна быть для нас субъективная вероятность существования Мультивселенной? Сложно сказать, учитывая современный уровень понимания фундаментальной физики и космологии. Некоторые физики практически в этом уверены, другие отвели бы этому факту почти нулевую вероятность. Может быть, вероятность пятьдесят на пятьдесят. В данном случае важно, что есть простой и надёжный механизм, позволяющий полностью согласовать натурализм с существованием жизни, пусть даже жизнь очень сильно зависит от точных значений физических параметров нашей окружающей среды.

* * *

Итак, какова вероятность возникновения такой Вселенной, как наша, при справедливости теизма? Здесь мы сталкиваемся со схожей проблемой: «теизм» не является уникальной прогностической теорией мира. Люди по-разному интерпретируют теизм, поэтому различаются и оценки вероятности наблюдаемых явлений. Нам почти ничего не остаётся, кроме как идти дальше, не забывая о неотъемлемой неопределённости данного вопроса.

Разумно признать, что теизм с высокой вероятностью прогнозирует существование жизни. По крайней мере, большинство теистов не пропагандируют представлений о таком Боге, которому были бы совершенно безразличны человеческие существа. Можно представить себе такую концепцию: ни во что не вмешивающийся Бог, создавший Вселенную или поддерживающий её существование, но не уделяющий особого внимания так называемой жизни. Но в данном случае мы можем позволить себе быть великодушными и признать, что вероятность существования жизни при теизме велика; во всяком случае, выше, чем при натурализме.

Однако на этом история ещё далеко не заканчивается. Есть большая разница между «жизнью» и «числами, описывающими Вселенную, в которой могут существовать сложные химические реакции, которые мы приравниваем к жизнедеятельности». Возможно, Бог позаботился бы о первом, но далеко не так очевидно, что его могло бы заинтересовать второе.

От физических параметров нашей Вселенной зависит, что может происходить в рамках законов физики. Но в теизме «жизнь» обычно не сводится к простому проявлению законов физики. Верующие обычно не разделяют идеи физикализма; они считают, что живой организм — это не просто совокупная работа всех органов. Существует душа, дух, или жизненная сила, причём такая субстанция и является наиболее важным элементом жизни. Физические аспекты, возможно, важны, но они находятся на периферии феномена «жизни».

Если это так, то неясно, почему нас вообще должна волновать тонкая настройка физических параметров Вселенной. Физический мир может быть устроен как угодно; Бог всё равно создаст жизнь и соотнесёт её с иной вещественной формой — как ему заблагорассудится. Требование совместимости нашего физического состояния со сложными сетями химических реакций, подкрепляющих друг друга и подпитывающихся свободной энергией, — таких, которые обычно ассоциируются с жизнедеятельностью, — актуально *лишь при условии истинности натурализма*. Если уж на то пошло, тот факт, что наша Вселенная допускает такие физические конфигурации, должен толковаться не в пользу теизма и повышать для нас субъективную вероятность натурализма.

Признаться, любой бывалый теист может назвать вам ряд причин, по которым Бог решил увязать жизнь со сложными самоподдерживающимися химическими реакциями — по крайней мере, на время. Аналогично, если бы мы обитали во Вселенной, где жизнь не зависела бы от материи таким образом, подобное состояние тоже было бы несложно обосновать. Такая проблема возникает с нечёткими теориями.

* * *

Идея о том, что тонкая настройка служит доказательством в пользу теизма, сопряжена с ещё одной серьёзной проблемой. А именно: законы природы и устройство Вселенной несводимы к вопросу, может ли в такой Вселенной существовать жизнь. Если кто-то берётся утверждать, что теизм объясняет некоторые свойства нашей Вселенной, поскольку мы прогнозируем, что Богу было угодно создать жизнь, то уместен вопрос: какие ещё свойства Вселенной можно спрогнозировать при верности теизма? Именно здесь теизм начинает пробуксовывать.

Спрогнозировать, как Вселенная должна выглядеть при условии справедливости теизма, сложно по двум причинам. Существует множество различных концепций Бога, каждая из которых довольно туманно описывает позицию Бога по поводу физических констант. Более того, наши прогнозы получаются необъективными из-за того, что мы хорошо себе

представляем, как именно выглядит Вселенная. Такая проблема присуща любой теории, формулируемой в словесной форме. Если работать с уравнениями, а не со словами, то не так просто подогнать прогнозы под известные результаты.

Тем не менее давайте попытаемся. Есть ряд свойств, которые, вероятно, должны были бы наблюдаться во Вселенной, если бы она создавалась в первую очередь для существования жизни. Подчеркнём три из них.

• **Степень тонкой настройки.** Если кажется, что некоторые свойства Вселенной тонко настроены именно ради существования жизни, то логично ожидать, что они будут настроены достаточно хорошо, чтобы поддерживать жизнь, — но не более. Кстати, энергия вакуума именно такова: она меньше, чем могла бы быть, но достаточна, чтобы быть заметной. Однако другие параметры, например энтропия ранней Вселенной, кажутся настроенными гораздо тоньше, чем необходимо для существования жизни. Жизнь требует направленности во времени, поэтому должно быть какое-либо низкоэнтропийное начальное состояние. Тем не менее в нашей Вселенной энтропия гораздо ниже, чем потребовалось бы просто для существования жизни. С чисто антропных позиций Богу вообще не было смысла делать энтропию столь низкой. Поэтому мы полагаем, что есть какая-то динамическая физическая причина, по которой энтропия начала развиваться именно с такого тонко настроенного значения. Как только мы допускаем такую возможность, оказывается, что и другие примеры, якобы связанные с тонкой настройкой, могут объясняться подобным образом.

• **Запутанность наблюдаемой физики.** Если законы физики были подобраны с прицелом на существование жизни, то логично предположить, что каждое из различных свойств этих законов должно было бы играть какую-либо важную роль в развитии жизни. На самом же деле мы видим путаницу. Все живые существа состоят из фермионов самого лёгкого поколения — электронов, верхних и нижних кварков, иногда в них попадаются электронные нейтрино. Однако существуют ещё два более тяжёлых семейства частиц, не играющих никакой роли в существовании жизни. Почему, например, Бог создал верхние и нижние кварки и почему у них именно такие массы? При справедливости натурализма можно было бы ожидать, что существуют разнообразные частицы, причём одни из них важны для жизни, а другие нет. Именно это мы и наблюдаем.

• **Центральность жизни.** Если для Бога при сотворении Вселенной было важно, чтобы в конечном итоге в ней возникла жизнь, то сложно

понять, почему жизнь кажется столь несущественной в получившейся Вселенной. Мы живём в Галактике, где более 100 миллиардов звёзд, а во Вселенной более 100 миллиардов галактик. С точки зрения жизни всё это изобилие совершенно избыточно. В земной биологии не произошло бы никаких заметных изменений, если бы мы жили во Вселенной всего с одной Солнечной системой и, может быть, с тысячью окружающих планет. Вероятно, просто из щедрости нам можно было бы добавить остальную часть Галактики. Однако миллиарды галактик, которые нам едва удаётся разглядеть в наши мощнейшие телескопы, не играют никакой роли для нашего существования. Что касается физики и биологии, Вселенная вполне могла бы состоять из немногочисленных частиц, которые образовали бы несколько звёзд, — и этого было бы достаточно, чтобы обеспечить благоприятную среду для жизни человека. Согласно теизму, большинства других звёзд и галактик вообще не должно было существовать.

Если бы мы были важны для Бога, то наше существование здесь, на Земле, вероятно, было бы чем-то масштабным с космологической точки зрения. Тут можно возразить: «Пути Господни неисповедимы; мы не представляем, какую именно Вселенную он стал бы создавать». Такая позиция возможна, но в данном контексте она не вполне честна. Сущность аргумента тонкой настройки такова: мы хоть *что-то* знаем о Вселенной, которую было угодно создать Богу — это должна быть Вселенная с такими законами физики, которые допускают возникновение сложных химических реакций, известных нам как живые организмы. Теория заслуживает доверия при объяснении мира лишь в той степени, в какой она позволяет на свой страх и риск спрогнозировать устройство этого мира.

Несколько лучше было бы сформулировать какую-либо позитивную теорию о том, почему Бог хотел, чтобы мир выглядел так, а не иначе, особенно, почему мир кажется таким крайне экстравагантным, с таким изобилием звёзд, галактик и всего прочего. Как правило, в таких теориях подчёркивается та или иная физическая причина, по которой Богу было проще создать много галактик, а не всего одну. Может быть, Богу нравится космическая инфляция и Мультивселенная.

Здесь возникает ряд проблем. Во-первых, всё не так; законы физики абсолютно не мешают существованию более компактной и сконцентрированной Вселенной, нежели та, которую мы видим вокруг. Во-вторых, потребовалось бы придумать причину, по которой Бог предпочитает творить простые вселенные, а не хочет немного самовыразиться. Кроме того, вы уже догадываетесь, почему это приводит нас в тупик: пытаясь объяснить, почему Бог хотел сотворить именно такую

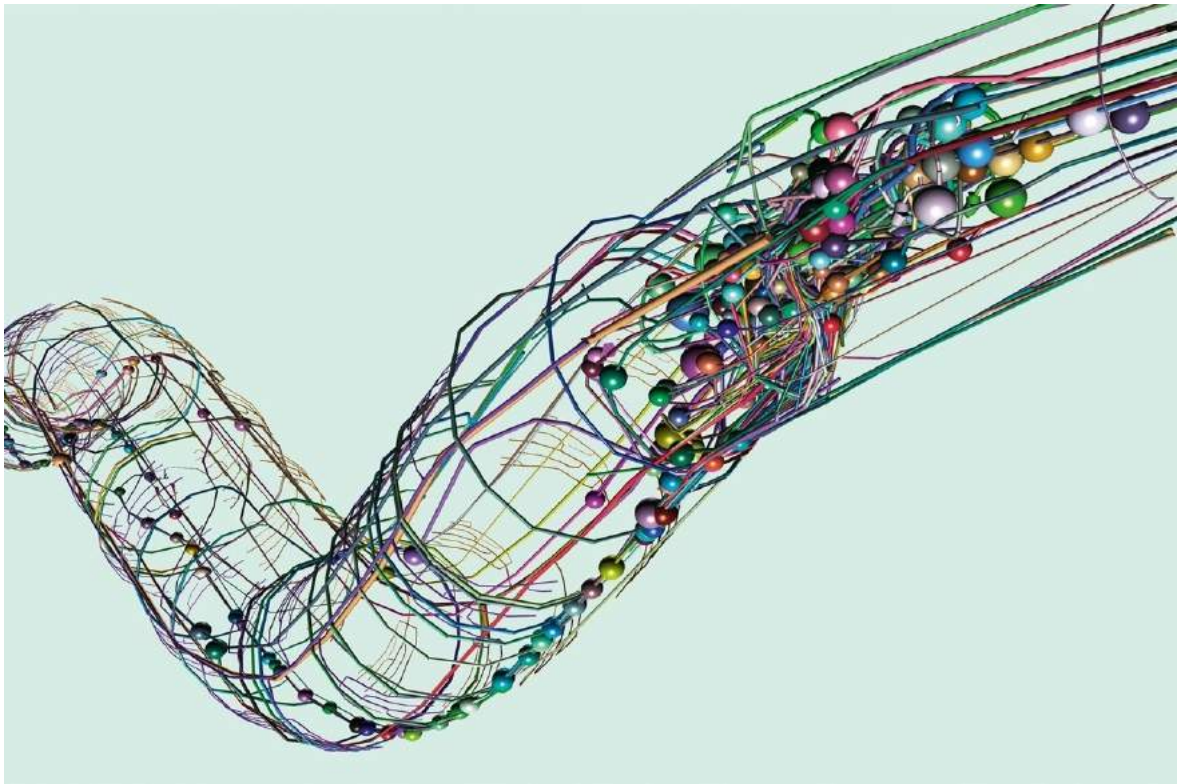
Вселенную, как наша, мы выхолащиваем из Вселенной особую роль Бога и возвращаемся к чисто физическим механизмам. Если легко создать такую Вселенную, как наша, зачем вообще полагаться при этом на Бога?

Наши теории неизбежно испытывают влияние тех знаний о мире, которые у нас уже есть. Чтобы более непредвзято рассмотреть, что прогнозирует теизм, можно просто вспомнить, что он прогнозировал до того, как были сделаны современные астрономические наблюдения. Ответ: ничего подобного. Как правило, донаучные космологии напоминают еврейскую концепцию, рассмотренную нами в главе 6. Земля и человечество занимают особое место в космосе. Никто, опираясь на идею о Боге, не смог спрогнозировать существование сотен миллиардов звёзд и галактик, практически равномерно рассеянных в наблюдаемой части Вселенной. Вероятно, ближе всех к этому был Джордано Бруно, которого признали еретиком, в том числе и за рассуждения о бескрайнем космосе. Его сожгли на костре.

Часть V
Мышление

Глава 37
Ползком к сознанию

Почти 400 миллионов лет тому назад нескладная маленькая рыба выползла на сушу и решила там обосноваться, а не возвращаться в море. Её потомки эволюционировали и превратились в амфибию *Tiktaalik roseae*, окаменелости которой были впервые обнаружены в 2004 году в канадской Арктике. Если вы когда-либо искали недостающее звено между двумя крупными витками эволюции, то вот оно: тиктаалик. Эти милые создания представляют собой переходную форму между водными и сухопутными животными.



Реконструкция *Tiktaalik roseae*, выползающего на сушу

Так и напрашивается вопрос: о чём же они думали, эти первые жители суши?

Мы не знаем наверняка, но можем кое-что обоснованно предположить. Если говорить о стимуляции новых способов мышления, наиболее важная черта новой среды, в которой оказался тиктаалик, заключалась в возможности видеть гораздо дальше. Если вы любите плавать или нырять,

то знаете, что под водой область обзора гораздо меньше, чем на воздухе. Длина затухания — расстояние, на котором свет в основном поглощается той средой, сквозь которую вы смотрите. В чистой воде это расстояние составляет десятки метров, а в воздухе практически бесконечно. (Мы без труда видим Луну или отдалённые объекты на горизонте.)

То, что вы видите, радикально влияет на образ вашего мышления. Допустим, вы рыба и плывёте в воде со скоростью один-два метра в секунду. Вы можете посмотреть на несколько десятков метров перед собой, и каждые несколько секунд область вашего восприятия изменяется. Как только перед вами начинает просматриваться что-то новое, у вас будет всего лишь краткий миг, чтобы решить, как на это реагировать — это что-то хорошее, страшное или съедобное?

В таких условиях существует огромное эволюционное давление, заставляющее соображать быстро. Что-то увидел — и практически немедленно отреагировал. Рыбий мозг приспособлен действовать именно так. Тон задают быстрые реакции, а не расслабленное созерцание.

Теперь предположим, что вы выползли на сушу. Вдруг горизонт вашего восприятия невероятно расширился. Вы окружены чистым воздухом и видите на километры — это расстояние гораздо больше, чем можно преодолеть за пару секунд. Сначала смотреть было особо не на что, поскольку наверху не было других животных, кроме вас. Зато здесь было много всевозможной пищи, были препятствия вроде камней и деревьев, не говоря уж о редких геологических катаклизмах. Не успели вы оглянуться — а вокруг уже полно других подвижных тварей. Некоторые из них дружелюбные, другие вкусные, а от третьих лучше держаться подальше.

Теперь давление отбора радикально изменилось. В некоторых случаях нормально реагировать прямолинейно и быстро, но на суше это не лучшая стратегия. Если вы способны заметить, что происходит, задолго до того, как придётся действовать, то у вас есть время обдумать возможные варианты действий, взвесить все «за» и «против». Вы даже можете поступить изобретательно, задействовав часть когнитивных ресурсов на продумывание плана действий, а не предпринимать самые очевидные шаги.

На воздухе полезно полагаться на воображение.

* * *

Биоинженер Малкольм Макайвер предположил, что попадание трепещущей рыбы на сушу было одним из нескольких ключевых переходов, которые привели к развитию того, что теперь известно нам как *сознание*. Сознание — не какой-нибудь отдел мозга и даже не отдельный вид деятельности; это сложная взаимосвязь множества процессов,

протекающих на разных уровнях. Сознание слагается из бодрствования, получения информации от органов чувств и реагирования на неё, воображения, внутреннего опыта и желаний. Нейрофизиология и психология позволили многое узнать о том, что такое сознание, как оно работает, но пока мы ещё очень далеки от полного его понимания.

Кроме того, сознание — уникальное и тяжёлое бремя. Способность к рефлексии, обдумыванию прошлого и будущего, размышления о состоянии мира и космоса — всё это даёт большие преимущества, но также может приводить к отчуждению и беспокойству. Американский антрополог-культуролог Эрнест Беккер, комментируя датского философа Сёрена Кьеркегора, однажды охарактеризовал сознание следующим образом.

Что означает быть *самосознающим животным*? Эта идея смехотворна, если не чудовищна. Это означает знать, что когда-то ты станешь кормом для червей. Это ужас: возникнуть из ничего, обрести имя, самосознание, глубокие интимные чувства, мучительную глубокую тягу к жизни и самовыражению — и, при всём при этом, всё-таки рано или поздно умереть.

Особая черта самосознания — способность вести глубокую внутреннюю жизнь и размышлять о своём месте во Вселенной — по-видимому, требует особого объяснения, занимает уникальное место в общей картине мира. Является ли сознание «просто» способом рассуждения о свойствах определённых совокупностей атомов, подчиняющихся законам физики? Или сознание — нечто совершенно новое, абсолютно уникальная субстанция, как выразился бы Рене Декарт, или как минимум отдельное свойство, не сводящееся к чисто материальной природе?

Если и существует какой-либо аспект реальности, заставляющий человека сомневаться в чисто физических и натуралистических представлениях о мире, то это существование сознания. Причём переубедить скептиков порой сложно, так как даже самый оптимистичный нейрофизиолог не станет утверждать, что обладает полной и исчерпывающей теорией сознания. Мы можем только ожидать, что, когда достигнем такого понимания, оно будет полностью совместимо с основными положениями Базовой теории, то есть окажется частью физической реальности, а не отдельным феноменом.

Почему у нас могут быть подобные ожидания? В частности, это связано с байесовским рассуждением о субъективных вероятностях. Идея о едином физическом мире оказалась крайне успешной во многих контекстах, и есть все основания полагать, что она сможет

распространиться и на сознание. Однако мы также можем привести веский довод, что альтернативы не выдерживают критики. Непросто понять, как сознание можно органично вписать в физическую реальность, но ещё сложнее вообразить, как оно может быть чем-нибудь ещё. В данном случае наша основная цель — не объяснить, как работает сознание, а проиллюстрировать, *как* оно может работать в мире, подчиняющемся безликим законам физики.

В этой и следующей главах мы обратим внимание на некоторые черты сознания, благодаря которым оно является особенным. Затем в нескольких следующих главах мы обсудим ряд аргументов относительно того, что, чем бы ни являлось сознание, это не просто ещё один способ рассуждения об обычной материи, подчиняющейся традиционным законам физики. В итоге мы поймём, что ни один из этих аргументов не является достаточно убедительным, и ещё больше уверимся в том, что человек, в том числе его мысли и эмоции, целиком и полностью относится к естественному миру.

* * *

Иногда, размышляя о собственном самосознании, мы невольно представляем себе сидящего у нас в голове крошечного человечка, который принимает решения и дёргает за ниточки. Даже если мы не разделяем убеждений Декарта о нематериальности души, которая каким-то образом взаимодействует с телом, тянет вообразить себе властное «я», сидящее в мозге, — именно в этом «я» хочется локализовать сознание. Философ Дэниэл Деннетт предложил термин «картезианский театр» — воображаемый мозговой командный центр, в котором крошечный гомункул собирает всю воспринимаемую нами информацию, поступающую от органов чувств, обращается к нашей памяти и раздаёт команды различным органам нашего тела.

По-видимому, сознание устроено иначе. Наш разум напоминает не сурового диктатора, а шумный парламент, полный противоборствующих фракций и комитетов, причём в подсознании происходит гораздо больше, чем выплывает в область сознания.

В эксцентрическом мультфильме «Головоломка» компании «Pixar» мыслительный процесс показан как командная работа пяти персонажей-эмоций: Радости, Печали, Брезгливости, Гнева и Страха. Каждый из этой пятёрки по-своему представляет, как действовать в той или иной ситуации, и в зависимости от обстоятельств один из персонажей действует во главе остальных. Как сразу отметили профессиональные зануды-нейрофизиологи, мозг работает совсем не так. Но по духу этот сюжет гораздо ближе к реальности, чем единое целостное «я»; действительно, в

мозгу звучат разные голоса, каждый из которых по-своему участвует в общем «сюжете» нашего сознания и в принятии решений.

Для того чтобы модель, показанная в «Головоломке», стала реалистичнее, в неё нужно внести два изменения. Во-первых, различные «модули», участвующие в мыслительных процессах, несоотносимы с конкретными эмоциями (ещё они ничуть не похожи на симпатичных человечков). Это разнообразные бессознательные процессы — можно сказать, ментальные функции, которые могли естественным образом возникнуть в ходе биологической эволюции, задолго до возникновения сознания в явном виде. Во-вторых, хотя в мозгу нет диктатора, в этом парламенте, по-видимому, есть своеобразный премьер-министр — центр сознания, где объединяется информация, поступающая от разных модулей. Так образуется континуум сознания.

Дэниэл Канеман — психолог, удостоенный Нобелевской премии по экономике за свои работы о принятии решений, популяризовал следующую идею. Он предложил разделять все модули нашего мышления на две категории: *система 1* и *система 2* (изначально эти термины были предложены Китом Становичем и Ричардом Уэстом). К системе 1 относятся различные модули, действующие гораздо глубже человеческого сознания. Они отвечают за автоматическое, «быстрое», интуитивное мышление, в их основе лежат бессознательные реакции и эвристика. Это грубые, но эффективные стратегии, усвоенные на опыте. Всякий раз, когда вам удаётся сварить утренний кофе или доехать от дома до работы, в сущности не задумываясь о том, что вы делаете, это действует система 1. Система 2 — это сознательное, «медленное», рациональное мышление. Оно требует внимания. Когда вы размышляете над сложной математической задачей, работает система 2.

В течение дня львиная доля той работы, что совершается в нашем мозге, выполняется системой 1, несмотря на то что мы считаем «сознательную» систему 2 важнее. Канеман сравнивает систему 2 со «второстепенным персонажем, который считает себя главным героем, но зачастую почти не понимает того, что происходит». А вот как выразился нейрофизиолог Дэвид Иглмен: «Ваше сознание напоминает крошечного безбилетника на трансатлантическом пароходе, который считает, что это благодаря ему плывёт судно, а мощнейшие машины под палубами ни при чём».

Различие между системой 1 и системой 2 — пример так называемой *теории двухуровневой обработки* при изучении мышления. Другой пример такой теории рассматривается в диалоге Платона «Федр», где приводится

аллегория с колесницей. Там обсуждается душа, а не мозг, но сами идеи очень близки. В этом диалоге Платон (выступающий от лица Сократа) объясняет, что у души есть возница (система 2), а тянут её две лошади (система 1), причём одна из них благородная, а другая норовистая. Психолог Джонатан Хайдт утверждает, что Платон слишком много значения придаёт вознице и что, скорее, можно говорить о крошечном погонщике на огромном слоне. Погонщик — наше сознательное «я» — в какой-то мере контролирует ситуацию, но, конечно, идущий под ним слон — в гораздо большей степени.

* * *

Характерной чертой сознания является внутренний ментальный опыт. Словарное определение этого феномена можно сформулировать примерно так: «Осознание собственного “я”, мыслей и окружающей среды». Ключевой аспект — осознание: вы существуете, существует и стул, на котором вы сидите, но вы *знаете*, что существуете, а ваш стул — предположительно нет. Именно такая способность к рефлексии — разум думает о себе — наиболее нетривиальное свойство сознания. Макайвер полагает, что один из наиболее важных фрагментов всей мозаики — возможность уделить время обдумыванию различных альтернатив, разорвав непосредственную связь между стимулом и реакцией, — стал поддерживаться отбором, как только наши предки выползли на камни.

Логично предположить, что наша способность к воображению возникла под воздействием естественного отбора, который поддерживал умение взвесить альтернативные варианты и лишь потом действовать. Психолог Брюс Бриджмен даже охарактеризовал сознание как «работу занятого реализацией планов механизма, позволяющего выстраивать поведение на основе планов, а не под непосредственным воздействием условий окружающей среды». Сознание — нечто большее; мы можем осознанно любить или наслаждаться симфонией, не связывая с этим никаких планов. Но способность представить себе различные гипотетические варианты будущего — безусловно, элемент сознания.

За обманчиво простой идеей «планирования» кроется очень многое. Приходится учиться обдумывать различные моменты времени в будущем, а не только настоящий момент. Нужно уметь представлять себе не только собственные действия, но и все процессы окружающего мира. Мы должны надёжно прогнозировать грядущие действия и вероятные реакции на них. Наконец, мы должны уметь обдумывать таким образом множество сценариев одновременно, а в конечном итоге сравнивать их и выбирать между ними.

Способность планировать кажется настолько элементарной, что мы принимаем её как должное, но на самом деле это совершенно изумительная черта человеческого мозга.

* * *

«Настоящее» в нашем сознательном восприятии не идентично актуальному моменту, в котором мы живём. Хотя мы иногда считаем сознание единой сущностью, которая руководит нашими мыслями и поступками, на самом деле сознание слагается из информации, поступающей из различных отделов мозга, а также от органов чувств. На такую сборку требуется время. Если одной рукой вы дотрагиваетесь до носа, а другой — до ноги, то ощущаете их одновременно, хотя нервный импульс от ступни попадает в мозг позже, чем импульс от носа. Ваш мозг дожидается, пока закончится сборка всех релевантных ощущений, и лишь потом выдаёт их вам как сознательное восприятие. Как правило, то, что кажется вам «настоящим моментом», происходило несколько десятков или сотен миллисекунд назад.

Эстонско-канадский психолог Эндель Тульвинг предложил термин *хронестезия*, или «мысленные путешествия во времени». Одна из заслуг Тульвинга заключается в том, что он указал разницу между двумя видами памяти: *семантической*, относящейся к общим знаниям (Геттисберг — город, под которым произошла важная битва во время гражданской войны в США), и *эпизодической*, которая фиксирует воспоминания, связанные с нашим личным опытом (я побывал в Геттисберге, когда учился в университете). По Тульвингу, ментальные путешествия во времени связаны с эпизодической памятью; воображение будущего — это сознательная деятельность, подобная воспоминаниям о прошлом.

Последние исследования в области нейрофизиологии свидетельствуют в пользу этой идеи. Учёные применили магнитно-резонансную томографию (МРТ) и позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ), чтобы выявить в мозге те зоны, которые активно работают, когда испытуемый решает те или иные мыслительные задачи. Интересно, что в задачах «вспомнить себя в конкретной ситуации в прошлом» и «вообразить себя в определённой гипотетической ситуации в будущем» задействуются очень похожие группы мозговых подсистем. Эпизодическая память и воображение опираются на одни и те же нейронные механизмы.

Оказывается, что воспоминания о пережитом опыте не похожи на фото- или видеозапись события, где каждому моменту соответствуют определённые звуки или кадры. Запечатлённая информация напоминает, скорее, сценарий. Когда мы вспоминаем эпизод из прошлого, мозг

извлекает сценарий и разыгрывает небольшое представление с теми самыми образами, звуками и запахами. В одной части мозга этот сценарий хранится, а другие отвечают за постановку и реквизит. Это помогает объяснить, почему воспоминания бывают абсолютно ложными, но при этом крайне реалистичными и «настоящими» с нашей точки зрения. Мозг может устроить убедительное шоу по ложному сценарию с тем же успехом, что и по истинному. Кроме того, это помогает объяснить, как под действием естественного отбора могла развиться наша хронестетическая способность представлять события будущего. Эволюция всегда работает с имеющимися заготовками, поэтому наше воображение было выстроено на базе способности вспоминать прошлое.

Хотя возможность ментальных путешествий важна для некоторых аспектов сознания, ею, разумеется, история не исчерпывается. В психологической литературе часто упоминается Кент Кокрейн — человек, страдавший амнезией, более известный как пациент «К. К.». В тридцатилетнем возрасте К. К. попал в тяжёлую аварию на мотоцикле. Он выжил, но хирурги не смогли сохранить некоторые отделы его мозга, в частности гиппокамп, а медиальные височные доли мозга были серьёзно повреждены. После этого Кокрейн сохранил семантическую память, но полностью утратил эпизодическую. У него практически не формировалось новых воспоминаний, примерно так же, как у Леонарда Шелби, персонажа фильма «Мементо». К. К. знал, что у него есть конкретная машина, но не мог вспомнить, как водил её. Основные умственные способности у него сохранились, он без труда поддерживал разговор, но при этом не мог вспомнить ничего, что когда-либо видел или делал.

Практически бесспорно, что в определённом смысле К. К. обладал «сознанием». Он бодрствовал, осознавал себя и понимал, кто он такой. Однако К. К. был совершенно не способен размышлять о собственном будущем, что подтверждало связь между воображением и памятью. Когда его спрашивали, что может произойти завтра или даже сегодня ближе к вечеру, он просто отвечал, что не представляет. После аварии его личность значительно изменилась. В некотором смысле он стал другим человеком.

Существуют данные, согласно которым эпизодическая память не развивается у детей примерно до четырёх лет, и, по-видимому, приблизительно в этом возрасте они научаются моделировать ментальные состояния других людей. Так, маленькие дети могут узнавать о новых вещах, но с трудом ассоциируют эти знания с конкретным событием; если спросить их о чём-то, что они только что выучили, дети ответят, что всегда это знали. Тульвинг утверждал, что истинная эпизодическая память и

связанная с ней способность к воображению и к ментальным путешествиям во времени может быть уникальна для человека. Это интересная гипотеза, но в настоящее время о ней сложно судить с определённостью. Так, мы знаем, что крысы после нескольких безуспешных попыток добраться до пищи продолжают обдумывать, как до неё добраться, даже когда пищу уберут. Возможно, это своеобразное планирование. В такой умственной деятельности участвует гиппокамп, у человека отвечающий за эпизодическую память. Мы умеем с необычайной детализацией и подробностями представлять себе будущее, но сложно предположить, как такая способность могла постепенно развиваться из поколения в поколение.

* * *

Мы столь многого не знаем о развитии сознания, что легко усомниться в любой отдельно взятой теории. Был ли выход из воды на сушу эпохальным событием на этом пути, как полагает Малкольм Макайвер, либо это просто очередная рыбацкая байка?

Мы должны быть скептиками; такая у нас работа. Многие водные животные гораздо умнее типичной золотой рыбки. Разумеется, таковы киты и дельфины, но это млекопитающие, которые произошли от сухопутных предков, поэтому их интеллект на самом деле свидетельствует в пользу упомянутой гипотезы, а не против её. По многим стандартам очень умны осьминоги. Среди всех беспозвоночных они обладают самым крупным мозгом, хотя у них всё равно примерно в тысячу раз меньше нейронов, чем у человека. Пожалуй, осьминог не смог бы разгадать кроссворд, но он вполне справляется со сложными задачами — например, открывает банку, чтобы достать оттуда еду.

Макайвер отмечает, что, хотя осьминоги и живут под водой, они развили максимально разнообразные сенсорные способности. У них очень большие глаза, а когда осьминог решает сложную задачу, он обычно сидит спокойно. Осьминогом быть опасно; с точки зрения подводного хищника осьминог — просто мешок со вкусными питательными веществами. Чтобы выжить, осьминогам пришлось изобрести инновационные стратегии защиты. Так, они освоили искусство камуфляжа, меняя цвет кожи, а когда пускаются в бегство, выпускают за собой чернильное облако. Интеллект — часть защитного арсенала. Когда осьминог собирается спать, он прячется среди камней и кораллов, а иногда может даже забаррикадироваться, чтобы лучше защититься от посторонних глаз. Возможно, эволюционные факторы, под действием которых сформировался большой мозг осьминога, принципиально отличались от воздействия эволюции на сухопутных

животных.

Независимо от важности выхода на сушу, это событие в краткосрочной перспективе не привело к возникновению животных, которые могли бы писать сонеты и доказывать математические теоремы. Четыреста миллионов лет — долгий срок. Как мы теперь знаем, эволюция сознания прошла много этапов. Шимпанзе могут продумать и реализовать план — например, сложить предметы один на другой, чтобы таким образом добраться до высоко подвешенного банана. Однако развитие подобной способности к воображению — далеко не вся история.

Можно представить себе множество моментов в эволюционной истории сознания, которые в конечном итоге привели к развитию наших исключительно сложных умственных способностей. Как было показано выше на примере с мышеловкой, не стоит обманываться и считать, что поразительно изощрённый результат не мог быть получен путём множества мелких изменений.

Глава 38
Бормочущий мозг

Мы много раз видели подобное в бесчисленных «больничных» телесериалах: пациент лежит на спине внутри какой-то жуткой медицинской машины, при помощи которой врачи пытаются заглянуть ему в мозг. Как правило, речь идёт об МРТ — томографе, который делает красивые снимки работающего мозга, отслеживая ток крови. Но мне довелось пройти магнитоэнцефалографию (МЭГ). Измеряя показатели магнитного поля в непосредственной близости от черепа, эта машина проверяла, есть ли у меня мозг и в самом ли деле я могу о чём-то думать.

Я сдал этот тест. Хотелось надеяться, что в результате можно не сомневаться, но хорошо бы проверять такие вещи научным методом.

Сканирование моего мозга выполнил нейрофизиолог Дэвид Пёппель у себя в лаборатории в Нью-Йоркском университете. В отличие от МРТ, когда в результате вы получаете красивые снимки, но без достаточного временного разрешения, МЭГ не слишком хорошо показывает, где именно в мозге протекают те или иные процессы, но фиксирует их во времени с точностью до миллисекунд.

Это важно, поскольку наш мозг — затейливо связанная многоуровневая система, на работу которой требуется время. Отдельные события на нейронах происходят по несколько десятков раз в миллисекунду, но лишь через десятки миллисекунд несколько таких процессов становятся достаточно явственными, чтобы вы могли подумать: «О, что-то происходит!».

Большая часть сложной умственной работы в мозге выполняется нейронами. Нейроны связаны *глиальными клетками*, обеспечивающими им поддержку и защиту. Глиальные клетки могут играть определённую роль в коммуникации между нейронами, но все информационные сигналы в мозге передаются по нейронам. Типичный нейрон имеет отростки двух типов: *дендриты*, принимающие сигналы извне, и (обычно всего один) *аксон*, по которому транслируются эти сигналы. Тело нейрона имеет в поперечнике менее десятой доли миллиметра, но длина аксона может составлять от миллиметра до метра. Когда нейрону требуется отправить сигнал, он «срабатывает», отправляя по аксону электрохимический импульс. Этот сигнал подхватывается другими нейронами в соединительных точках, которые называются *синапсами*. Как правило, синапс состоит из дендрита,

подсоединённого к аксону, но мозг — запутанная штука, поэтому в нём возможны и разнообразные другие соединения.

Карта магнитных полей в непосредственной близости от моего мозга; такая картинка возникает при прослушивании звукового сигнала

Итак, коммуникация между нейронами происходит путём обмена электрически заряженными молекулами, перебрасываемыми от аксонов к дендритам. Любой физик вам скажет, что при движении заряженных частиц возникает магнитное поле. Когда я о чём-то думаю, между

нейронами моего мозга перетекают заряженные частицы, генерирующие едва заметное магнитное поле, лишь слегка ощутимое за пределами черепа. МЭГ-аппарат, фиксирующий такие магнитные поля, может в точности определить, когда именно срабатывают мои нейроны.

Пёппель с коллегами используют этот метод для изучения восприятия, познания и языковых функций мозга. Находясь в аппарате МЭГ, я слушал разные бессмысленные сигналы, а оператор определял, сколько времени пройдёт, пока я сознательно восприму этот сигнал как звук. Речь шла о десятках миллисекунд, о целых каскадах реакций коры головного мозга.

Однако меня больше впечатлил другой, более прозаический момент — эти датчики, подключённые к голове, *улавливали мои мысли*. Так называемая мысль чётко и безошибочно соотносится с движениями определённых заряженных частиц у меня в голове. Это удивительный, отрезвляющий факт об устройстве мира. Что бы подумали о нём Декарт и принцесса Елизавета?

Лишь немногие сегодня станут отрицать, что мышление связано с процессами, происходящими в мозге. Но существует разница между теми, кто считает мышление просто «способом рассуждения» о физических процессах в мозге — вроде тех, что зафиксировала у меня в мозге МЭГ, и теми, по мнению которых в этом процессе присутствует и дополнительная, внефизическая составляющая. Стоит немного поразмыслить о том, как именно работает мозг, чтобы понять, почему физическая трактовка столь убедительна.

* * *

Мозг — это сеть взаимосвязанных нейронов. В главе 28 мы кратко обсуждали, как сложные структуры могут возникать путём постепенного накопления мелких единиц, слагающих более крупные, причём интересная структурность прослеживается в любом масштабе. Мозг — отличный пример такого рода.

Считается, что носителем информации в мозге являются не нейроны как таковые, а способы их соединения. Каждый нейрон связан с одними нейронами, но не с другими; именно так и определяется сетевая структура мозга, именуемая *коннектома*.

Коннектома — это, в сущности, список всех отдельно взятых нейронов в мозге с учётом всех соединений каждого из них. Это поразительно сложная система: в человеческом мозге около 85 миллиардов нейронов, каждый из которых соединён с тысячью или более других нейронов, поэтому речь идёт о ста триллионах или даже большем числе соединений. Сложно заглянуть в человеческий мозг и рассмотреть все эти соединения,

но именно такова цель нескольких исследовательских проектов в области нейрофизиологии, которые реализуются прямо сейчас. Полная характеристика человеческой коннектомы содержала бы примерно миллион миллионов гигабайт информации.

Каждый нейрон собирает входящую информацию от других нейронов, а иногда — от внешнего мира. Имея эту информацию, он «решает», когда срабатывать. Срабатывание — это однозначный ответ: либо оно происходит, либо нет; но входная информация, которую может получать нейрон, довольно разнообразна. На «приём» каждого входящего сигнала нейрон тратит примерно сорок миллисекунд, а на передачу каждого входящего сигнала тратится одна миллисекунда. Это колоссальный объём информации. Сорок отдельных входных сигналов, поступающие от пары тысяч различных синапсов, дают примерно 40 × 2000 = 80 000 «бит» данных. Таким образом, нейрон может получить около 2^{80000} вариантов входящих сообщений, прежде чем решит — срабатывать или нет.

Подробные знания о человеческой коннектоме сами по себе не позволяют нам приблизиться к пониманию того, как в человеческом мозге организовано мышление. Не все нейроны одинаковы, поэтому, зная, как они соединены, мы знаем не всё. Учёные полностью картировали коннектому одного многоклеточного организма — это крошечная нематода *C. elegans*, плоский червь. У наиболее распространённой разновидности этой нематоды ровно 959 клеток, 302 из которых — нейроны. Мы знаем, как все эти нейроны сочетаются друг с другом — всего среди них насчитывается около 7000 соединений, — но это не позволяет понять, как думает плоский червь. Можно сказать, что мы изучили карту автомагистралей, но не схемы дорожного движения, которые там существуют. Может быть, когда-нибудь нам удастся прочитать, о чём думает нематода.

$$W = \overbrace{\int_{k<\Lambda} [Dg][DA][D\psi][D\Phi] \exp\left\{ i \int d^4x \sqrt{-g} \left[\frac{m_p^2}{2} R \right.\right.}^{\text{квантовая механика}} \overbrace{\phantom{\frac{m_p^2}{2} R}}^{\text{пространство–время}} \overbrace{\phantom{\frac{m_p^2}{2} R}}^{\text{гравитация}}$$

$$\left.\left. \underbrace{-\frac{1}{4} F^a_{\mu\nu} F^{a\mu\nu}}_{\text{прочие взаимодействия}} + \underbrace{i\bar{\psi}^i \gamma^\mu D_\mu \psi^i + \left(\bar{\psi}^i_L V_{ij} \Phi \psi^j_R + \text{h.c.} \right)}_{\text{материя}} \underbrace{- |D_\mu \Phi|^2 - V(\Phi)}_{\text{Хиггс}} \right] \right\}$$

Коннектома нематоды *C. elegans* — компьютерная модель из проекта

OpenWorm

Люди со временем меняются, и наши коннектомы меняются вместе с нами. Соединения укрепляются, поскольку многократное срабатывание определённых сигналов повышает вероятность, что конкретные синапсы будут срабатывать и в будущем. Мы считаем, что воспоминания формируются именно таким образом: связи между синапсами усиливаются и ослабевают в ответ на стимулы. В 2000 году нейропсихиатр Эрик Кандель стал одним из лауреатов Нобелевской премии по медицине за подробное исследование того, как это происходит у конкретного организма — непримечательного морского слизня. Слизни не слишком хорошо что-либо запоминают, но Кандель научил их распознавать некоторые простые стимулы. Затем он продемонстрировал, что эти новые «воспоминания» сопряжены с изменениями синтеза белков в нейронах, из-за чего форма нейронов меняется. Кратковременная память связана с теми синапсами, связи между которыми усиливаются, а долговременная память связана с образованием совершенно новых синапсов.

Недавно нейрофизиологам удалось непосредственно наблюдать, как у мышей растут новые нейроны и как они соединяются по мере того, как мыши обучаются выполнять новые задачи. Впечатляет (или раздражает — в зависимости от вашей точки зрения), что удалось стереть у мышей некоторые воспоминания, ослабив конкретные синапсы, и даже искусственно внедрить мышам ложные воспоминания, непосредственно стимулируя конкретные нервные клетки электродами. Воспоминания — это физические сущности, которые находятся у вас в мозге.

Коннектома напоминает политическую карту мира. Такой карты далеко не достаточно, чтобы понимать политику, но знание содержащейся на ней информации — важный аспект более крупной задачи. Имея хорошую карту, всё равно можно заблудиться, но в то же время она может помочь вам добраться домой.

* * *

Одно из важнейших свойств мозга заключается в том, что мозг — не просто серая масса связанных нейронов. Коннектома — это сеть, причём сеть *иерархическая*; нейроны связаны друг с другом в группы, эти группы также связаны друг с другом, вплоть до целого мозга. Бурная работа сознания, где объединяются различные ментальные модули, работающие на вход и на выход и формирующие человеческое «я», отражается на работе мозга. Каждая из различных зон мозга отвечает за решение собственных задач, но лишь в результате их объединения возникает

сознательная личность.

В пользу этого факта свидетельствует ряд доказательств, и некоторые из них были получены при изучении бессознательных состояний: например, когда мы спим или находимся под наркозом. Так, в ходе одного из исследований проводилась слабая магнитная стимуляция отдельных зон в мозге пациента. Затем эффекты сигнала измеряли по мере того, как они распространялись по мозгу. Когда пациент был в сознании, сигнал индуцировал реакции сразу во всём мозге, а в бессознательном состоянии реакции ограничивались небольшой областью поблизости от места первичного стимула. Подобные результаты представляют далеко не только академический интерес: врачи давно пытались ответить на вопрос, полностью ли отсутствует сознание у пациента, находящегося под наркозом или получившего черепно-мозговую травму, либо пациент просто не может двигаться и контактировать с окружающим миром.

Утверждая, что коннектома представляет собой иерархическую сеть, мы подразумеваем, что она обладает некоторой связностью в промежутке от максимальной (каждый нейрон коммуницирует со всеми остальными нейронами) до минимальной (каждый нейрон коммуницирует только со своими ближайшими соседями). Насколько можно судить, коннектома является примером сети из разряда *мир тесен* (*small-world network*). Название взято из знаменитого эксперимента о шести рукопожатиях, поставленного психологом Стенли Милграмом. Он обнаружил, что произвольно отобранные жители города Омаха, штат Небраска, связаны с конкретным человеком, живущим в Бостоне, штат Массачусетс, цепочками примерно по шесть прямых знакомств в каждой. В теории сетей принято говорить, что сеть относится к категории «мир тесен», если большинство её узлов не связаны друг с другом, но от любого узла до любого другого можно добраться за небольшое число переходов.

Именно это наблюдается в коннектоме. Нейроны обычно соединяются с близлежащими нейронами, но есть и такие связи, которые простираются достаточно далеко. Структуры из категории «мир тесен» возникают во многих контекстах: между вебсайтами, в электросетях, в системах личных знакомств. Это неслучайно: по-видимому, такая организация оптимальна для решения определённого класса задач, поскольку позволяет выполнять обработку локально, а её результаты быстро распространять по всей системе. Кроме того, такая система устойчива; разрыв нескольких соединений существенным образом не повлияет на её работоспособность. Это отлично подходит для общающихся зон нашего мозга.

О сети из разряда «мир тесен» можно сказать, что она

«структурирована в любом масштабе». Это не просто клубок нейронов, соединённый с другими такими клубками. Нет, нейроны объединяются в группы, эти группы объединяются с другими подобными группами, те объединяются в ещё более крупные группы и т. д. Судя по некоторым признакам, такое расположение описывает не только пространственную организацию коннектомы, но и распределение мозговых сигналов во времени. Слабые сигналы срабатывают относительно часто, средние — реже, а очень сильные — относительно редко.

Физики говорят, что системы с подобным иерархическим поведением находятся в *критической точке*. Этот феномен повсеместно распространён в области изучении фазовых переходов, поскольку система достигает критической точки непосредственно перед переходом из одного состояния в другое. При кипении в воде образуется множество мелких пузырьков, меньше более крупных и т. д. Критическую точку можно считать золотой серединой между скучным порядком и бесполезным хаосом. Как выразился нейрофизиолог Данте Чиалво, «мозг, не находящийся в критической точке, либо каждую минуту делает одно и то же, либо впадает в другую крайность: в нём воцаряется такой хаос, что он в любой момент действует спонтанно, независимо от обстоятельств. Это мозг идиота».

Итак, как в пространственной, так и во временной плоскости найдены доказательства, свидетельствующие о том, что человеческий мозг — это сложная система, максимально эффективно использующая свою сложность. Учитывая, сколь впечатляюще человеческий мозг справляется со сложными задачами, это не должно нас удивлять.

* * *

Мы могли бы изучить мозг в мельчайших деталях, охарактеризовать каждый нейрон и картировать каждое соединение, но всё равно этого бы было мало, чтобы на уровне мозга объяснить существование *разума*, мыслительной деятельности человека как таковой. Ещё в главе 26 мы говорили о возражениях принцессы Елизаветы против декартовской концепции нематериальной души, взаимодействующей с физическим телом, — возможно, через эпифиз. Как ни интересны были эти возражения, они не позволяют закрыть вопрос окончательно, пока мы не проследим прямую связь между процессами, происходящими в мозге, и нашим восприятием себя как личностей. За минувшие годы психология и нейрофизиология проделали огромный путь именно в этом направлении.

Мы уже убедились, что воспоминания физически зашифрованы в мозге. Поэтому неудивительно, что там же зашифровано и наше чувственное восприятие. В определённом грубом приближении это

совершенно верно, что и демонстрируют магнитные поля, фонящие у меня из головы. Однако недавно учёным удалось получить довольно детальные образы того, о чём думают пациенты, просто присмотревшись к работе их мозга. Определив по снимкам МРТ, какие зоны мозга активны, когда испытуемый рассматривает картинки или смотрит видео, учёные могут подобрать шаблон, по которому затем можно восстанавливать образы прямо на основе информации, зафиксированной при фМРТ, то есть не жульничая и не подглядывая, на что именно смотрят пациенты. Это ещё не чтение мыслей — по крайней мере, пока; мы можем выстраивать самые общие представления о том, о чём думает человек, а не воссоздавать те образы, которые возникают у него в голове. Возможно, это просто вопрос времени.

Всё это может показаться неубедительным для истового картезианского дуалиста, желающего верить в нематериальные души. Разумеется, признаёт он, в мозге *что-то происходит*, когда мы думаем и воспринимаем мир. Но происходит не *только* это. Переживания, чувства, человеческая душа как таковая — всё это сущности совершенно иного порядка. Возможно, мозг напоминает радиоприёмник. Если изменить или повредить мозг, он станет барахлить, но это не означает, что исходный сигнал возникает внутри самого устройства.

На самом деле эта идея также не выдерживает критики. Если сломать радио, это может повредить приёму: например, нам будет сложнее настроиться на любимую станцию. Однако сама станция от этого не начнёт передавать хэви-метал, если ранее передавала уютный джаз. Напротив, травмы мозга могут изменить личность на самом фундаментальном уровне.

Рассмотрим так называемый бред Капгра. Этим синдромом страдают пациенты, у которых повреждена зона мозга, соединяющая две другие зоны — кору височной доли, отвечающую за распознавание других людей, и лимбическую систему, в которой локализуются чувства и эмоции. Человек, у которого разовьётся бред Капгра, сможет узнавать знакомых людей, но не вспомнит, какая эмоциональная связь у него с ними была. (Противоположное расстройство называется прозопагнозия — утрачивается способность узнавать людей.)

Можно себе представить, что сделает с человеком такой синдром. Одна пациентка, миссис Д., заболела бредом Капгра в возрасте 74 лет. Видя мужа, она узнавала этого человека, у неё сохранились все ментальные ассоциации, свидетельствующие: «Это мой муж», но она больше не чувствовала к нему привязанности, только безразличие. Она знала, что *должна* что-то чувствовать к нему, поэтому мозг подсказал ей разумное

объяснение подобной нестыковки: «На самом деле это не мой муж, а его двойник, как две капли воды похожий на него».

Случай миссис Д. не уникален. Известно много других пациентов, страдавших от каких-либо повреждений мозга, радикально сказывавшихся на их эмоциональном состоянии или личности. Вне всяких сомнений, это отнюдь не доказывает, что «разум» — это всего лишь способ рассуждения о том, что происходит в физическом мозге. Но, в сущности, это должно снижать для нас субъективную вероятность традиционного картезианского дуализма до минимального уровня.

Остаются два варианта: либо физикализм (весь мир, считая людей, имеет чисто физическую природу), либо какой-нибудь новомодный вариант некартезианского дуализма. Чтобы окончательным разобраться с этим вопросом, нужно более глубоко поразмыслить о том, что значит быть сознающим, чувствующим человеком.

Глава 39
Каково это — мыслить?

В романе Роберта Э. Хайнлайна «Луна жёстко стелет» колонисты-лунтики восстают против Главлуны. Их положение было бы практически безнадёжным, если бы не Майк — центральный компьютер, управлявший всеми основными автоматизированными процессами в большинстве лунных городов. Майк был не просто очень важной машиной — он совершенно спонтанно обрёл самосознание. Вот как это описывает рассказчик, Мануэль О’Келли Дэвис.

В мозгу у человека что-то около десяти в десятой нейронов. По третьему году в Майка нейристоров запичужили столько и ещё полстолько.

И он созрел.

Мануэль О’Келли Дэвис — наладчик компьютеров, не особенно задумывающийся о том, как у Майка пробудилось сознание и каковы глубинные причины этого. Совершается революция, она должна победить, а появление самосознания — вероятно, такая штука, которая всегда происходит с думающими устройствами, как только они становятся достаточно крупными и сложными.

Вероятно, в реальности всё несколько сложнее. В человеческом мозге много нейронов; но они не просто соединены как попало. У коннектомы есть структура, постепенно развившаяся под действием естественного отбора. Есть такая структура и в архитектуре компьютера как на программном, так и на аппаратном уровне, но представляется маловероятным, что подобная компьютерная архитектура может обрести самосознание просто по воле случая.

А что, если бы такое произошло? Как бы мы узнали, что компьютер именно думает, а не просто выполняет бездумные операции с числами? (И есть ли разница?)

* * *

Некоторыми из этих проблем ещё в 1950 году занимался британский математик и информатик Алан Тьюринг. Тьюринг описал так называемую игру в имитацию, более известную под названием *«Тест Тьюринга»*. С восхитительной прямотой Тьюринг начинает статью словами: «Я собираюсь рассмотреть вопрос “Могут ли машины мыслить?”». Но сразу же решает, что подобный вопрос потонул бы в бесконечных спорах о терминологии. Поэтому, в лучших научных традициях, он отбрасывает этот

вопрос и заменяет более прикладным: может ли машина беседовать с человеком таким образом, чтобы человек принял эту машину за другого человека? (Самые лучшие философские традиции с упоением увлекли бы нас в споры о терминологии). Тьюринг утверждал, что способность сойти за человека в таком испытании — разумный критерий, определяющий, что такое «думать».

Тест Тьюринга закрепился в нашем культурном лексиконе, и мы регулярно читаем новостные сюжеты о том, что та или иная программа наконец-то прошла тест Тьюринга. Пожалуй, в это сложно не поверить — ведь мы живём в окружении машин, которые рассылают нам электронную почту, управляют нашими автомобилями и даже говорят с нами. На самом деле ни один компьютер и близко не подобрался к прохождению настоящего теста Тьюринга. Те соревнования, о которых пишут в новостях, неизменно устроены так, чтобы собеседники не могли озадачить компьютер таким образом, как предполагал Тьюринг. Вероятно, когда-нибудь мы достигнем такого уровня, но современные машины не «думают» в тьюринговском понимании.

Когда и если нам удастся сконструировать такую машину, которая к почти всеобщему удовлетворению пройдёт тест Тьюринга, мы по-прежнему будем спорить о том, на самом ли деле машина «думает» именно так, как думает человек. Существует проблема сознания, а также смежная с ней проблема «понимания». Неважно, насколько умные беседы сможет вести компьютер, — вопрос в том, сможет ли он по-настоящему понимать, о чём говорит? Если речь зайдёт об эстетике или эмоциях, сможет ли программа, работающая на кремниевом транзисторе, оценить красоту или испытать скорбь, подобно человеку?

Тьюринг догадывался об этом и действительно выдвинул так называемое *возражение с точки зрения сознания*. Он довольно точно определил эту проблему как различие между точкой зрения «от третьего лица» (как мои действия воспринимают окружающие) и «от первого лица» (как я вижу и понимаю сам себя). Возражение с точки зрения сознания казалось Тьюрингу в конечном счёте солипсическим: единственный способ убедиться в том, что данный человек действительно мыслит, состоит в том, чтобы стать именно этим человеком. Как вы узнаете, что и другие люди в мире обладают сознанием, кроме как по их действиям? Тьюринг предвосхищал идею *философского зомби* — существа, выглядящего в точности как обычный человек, но не обладающего внутренним опытом, или *квалиа*.

Тьюринг считал, что, для того чтобы достичь прогресса в этом

отношении, нужно сосредоточиться на решении вопросов, на которые можно объективно ответить, наблюдая мир, а не прикрываться рассуждениями о личном опыте, который по определению скрыт от стороннего наблюдателя. С долей очаровательного оптимизма он приходит к выводу о том, что любой, кто глубоко задумается об этих вещах, в конечном итоге с ним согласится: «Большинство из тех, кто поддерживает возражение с точки зрения сознания скорее откажутся от своих взглядов, чем признают солипсистскую точку зрения».

Однако можно утверждать, что о мышлении и сознании нельзя судить извне, но при этом признавать, что остальные люди, вероятно, обладают сознанием. Кто-то может подумать: «Я знаю, что у меня есть сознание, и другие люди похожи на меня, поэтому, вероятно, сознание есть и у них. Однако компьютеры на меня не похожи, поэтому к ним я могу относиться более скептически». Я не думаю, что такая точка зрения правильна, но логически она непротиворечива. Тогда возникает вопрос, *на самом ли деле* компьютеры настолько от нас отличаются? Правда ли, что такое мышление, которое происходит в моём мозге, качественно отличает его от компьютера? Главный герой Хайнлайна так не думает: «Не вижу никакой разницы, протеиновые это цепи или платиновые».

* * *

«Китайская комната» — это мысленный эксперимент, предложенный американским философом Джоном Сёрлем. Эксперимент призван заострить внимание на том, почему тест Тьюринга, возможно, не позволяет ухватить истинный смысл «мышления» или «понимания». Сёрль предлагает вообразить человека, запертого в комнате с огромными кипами бумаги, причём на каждом листе записан какой-либо китайский текст. В стене есть прорезь, через которую можно передавать листы бумаги, а также имеется набор инструкций в форме справочной таблицы. Человек говорит и читает по-английски, но ни слова не понимает по-китайски. Когда в комнату через прорезь просовывают лист бумаги с каким-то китайским текстом, человек может свериться с инструкциями и выйти на один из имеющихся у него листов бумаги. Затем передать этот лист обратно через прорезь.

Тестируемый даже не догадывается, что на попадающих в комнату листках — абсолютно разумные вопросы на китайском языке, а на тех бумажках, которые он по инструкции должен передавать обратно, — совершенно логичные ответы на китайском, которые мог бы дать обычный мыслящий человек. С точки зрения китайца, находящегося за пределами комнаты, всё выглядит именно так: он задаёт вопросы находящемуся в

комнате носителю китайского языка, а тот отвечает ему по-китайски.

Но нам же понятно, говорит Сёрль, что в комнате нет никого, кто понимал бы китайский. Там есть только англоговорящий человек, кипы бумаги и исчерпывающий набор инструкций. По-видимому, комната позволяет пройти тест Тьюринга (на китайском языке), но о реальном понимании речь не идёт. Изначально Сёрль ставил перед собой цель исследовать искусственный интеллект, который, на его взгляд, никогда не смог бы достичь истинно человеческого уровня мышления. Компьютер, пытающийся пройти тест Тьюринга, подобен человеку в китайской комнате: он может манипулировать символами, создавая иллюзию понимания, но никакого реального осознания здесь нет.

Мысленный эксперимент Сёрля активно комментируют, как правило стараясь опровергнуть его точку зрения. Простейший контраргумент кажется вполне веским: разумеется, нельзя сказать, что человек в комнате понимает китайский, но китайский язык понятен совокупной системе «человек плюс набор инструкций». Как и Тьюринг с возражением от сознания, Сёрль предвидел появление этого аргумента и затронул его в своей оригинальной статье. Он был не слишком впечатлён:

Я имею в виду идею о том, что хотя индивид и не понимает китайского, но некое соединение индивида с листами бумаги китайский понять может. Мне сложно вообразить, что кто-то также может посчитать эту идею правдоподобной.

Как и во многих подобных мысленных экспериментах, первое условие Китайской комнаты — существование неких листов бумаги и пособия с инструкциями, позволяющими сымитировать человеческую коммуникацию, — это головная боль. Если в пособии буквально даётся всего один ответ на любой возможный вопрос, то комната никогда не пройдёт тест Тьюринга при контакте со сколь-нибудь компетентным собеседником-человеком. Рассмотрим такие вопросы: «Как дела?», «Почему вы так говорите?», «Не могли бы вы рассказать подробнее?». Многие человеческие беседы просто не строятся по принципу «предложение за предложением»; они зависят от контекста и от того, о чём шла речь раньше. На «листках бумаги» должен быть как минимум предусмотрен какой-то способ хранения информации, а также система для обработки информации, которая позволила бы интегрировать зафиксированную информацию в текущий разговор. Представить подобное вполне возможно, однако тогда мы получаем гораздо более сложную систему, нежели кипу бумаги и книгу с инструкциями.

С точки зрения Сёрля, неважно, какие элементы мы включим в данную

«систему», — она в любом виде не позволит достичь понимания в полном смысле. Однако эксперимент с Китайской комнатой не позволяет однозначно аргументировать это утверждение. Он иллюстрирует точку зрения, согласно которой «понимание» — это концепция, не сводимая к обычной физической корреляции между вводом и выводом; понимание требует чего-то ещё, то есть такого смысла, в котором происходящее в системе действительно «описывает» обсуждаемую тему. С точки зрения поэтического натурализма «содержательность» не является неким метафизическим качеством, которым может обладать информация; это просто удобный способ рассуждения о корреляциях между различными элементами физического мира.

Используя Китайскую комнату для аргументации того, что машины не могут думать, мы уходим от вопроса, а не решаем его. Эксперимент порождает конкретную модель машины, которая якобы умеет думать, а затем ставится вопрос: «Вы что, считаете, что в этом случае о подлинном понимании речи не идёт, правда?». Наилучший ответ: «Почему бы и нет?».

Если мир — чисто физический, то под «пониманием» имеется в виду способ рассуждения о конкретной корреляции между информацией, локализованной в одной системе (воплощённой в конкретной совокупности материи), и условиями внешнего мира. Ничто в примере с Китайской комнатой не указывает на то, что мы должны думать именно так, если, конечно, мы уже не уверились в том, что не должны.

Здесь мы не пытаемся преуменьшить сложности, возникающие при попытке дать дефиницию «пониманию». В учебнике по квантовой теории поля содержится информация о квантовой теории поля, но сама книга не «понимает» своего предмета. Книга не может ответить на вопросы, которые мы могли бы ей задать, а также не может производить расчёты, пользуясь инструментарием теории поля. Понимание — это по факту более динамичная и процессно-ориентированная концепция, чем простое наличие информации, и сложная работа по формулировке аккуратной дефиниции для неё, несомненно, стоит затраченных усилий. Тем не менее, как указывал Тьюринг, нет никаких причин полагать, что такая сложная работа не может быть выполнена на чисто операционном уровне — в контексте того, как именно устроены вещи, без привлечения недосягаемых свойств («понимание», «сознание»), которые с самого начала обозначаются как абсолютно недоступные для наблюдения извне.

При помощи своего мысленного эксперимента Сёрль изначально пытался решить не проблему сознания (определить, что такое «сознавать» и «испытывать»), а проблему познания и интенциональности (определить,

что такое «думать» и «понимать»). Однако эти проблемы тесно взаимосвязаны, и Сёрль позже сам обдумывал аргумент о том, что он якобы продемонстрировал невозможность наличия сознания у компьютерной программы. Такое расширение достаточно очевидно: если вы считаете, что заключённая в комнате система ничего не «понимает», то, вероятно, согласитесь, что она также ничего не сознаёт и не воспринимает.

* * *

Мысленный эксперимент с Китайской комнатой заставляет тех, кто считает сознание чисто физическим феноменом, оценить всю драматичность такого заявления. Даже если мы не претендуем на то, что у нас есть детально разобранное представление о сознании, мы должны попытаться чётко формулировать, какие сущности имеют право называться «сознательными». В случае с Китайской комнатой такой вопрос ставится относительно кипы бумаг и книги с инструкциями, но на самом деле это лишь образные способы рассуждения об информации и её обработке в компьютере. Если мы считаем «сознание» простым способом рассуждения о базовых физических явлениях, то в какие неудобные ситуации мы из-за этого попадаем?

Одна из систем, в сознательности которой мы, в общем, не сомневаемся, — это человеческое существо, в основном его мозг, но при желании можно учесть и тело. Человека можно представить как конфигурацию ста триллионов клеток. Если не существует ничего, кроме физического мира, то нам приходится считать, что сознание — это результат конкретных движений и взаимодействий всех этих клеток как между собой, так и с окружающим миром. Представляется, что важен не факт «клеточности» клеток — важны только их взаимодействия друг с другом, динамические закономерности, выстраиваемые ими в пространстве с течением времени. Здесь мы подходим к варианту множественной реализуемости на уровне сознания, иногда называемой *«субстрат-независимостью»*: паттерны сознательной мысли могут воплощаться в различных субстанциях.

И если это так, то все возможные сущности могут быть сознающими.

Допустим, мы берём один нейрон из вашего мозга и досконально изучаем всё, что он делает, пока не останется никаких вопросов. Мы точно знаем, какие сигналы он будет посылать в ответ на любые мыслимые входящие сигналы. Затем, не подвергая вас никаким иным изменениям, мы удалим этот нейрон и заменим его искусственным, который точно таким же образом обрабатывает весь ввод и вывод. Это будет «нейристор», как у хайнлайновского компьютера Майка с самосознанием. Однако в отличие от

Майка вы почти полностью состоите из обычных биологических клеток, не считая одного заменённого нейрона. Вы по-прежнему обладаете сознанием?

Большинство ответит: да, человек, у которого один нейрон заменён равноценным нейристором, по-прежнему остаётся сознающим. А что, если заменить два нейрона? Или несколько сотен миллионов? Гипотетически все наши внешние действия не изменятся, по крайней мере в том случае, если мир является чисто физическим, а ваш мозг не зависит от вмешательства некой нематериальной души, которая вступает в контакт с органическими нейронами, но не с нейристорами. Человек, у которого все до одного нейроны будут заменены искусственными, действующими совершенно аналогично обычным нейронам, бесспорно, пройдёт тест Тьюринга. Сможем ли мы по-прежнему называть его «сознающим»?

Мы не можем доказать, что такая автоматизированная думающая машина будет обладать сознанием. Логически возможно, что, когда мы будем один за другим заменять нейроны, в какой-то момент случится фазовый переход, но мы не можем спрогнозировать, когда он произойдёт. Однако у нас нет ни доказательств, ни оснований полагать, что такой фазовый переход вообще существует. По Тьюрингу, если киборг, у которого есть как нейроны, так и нейристоры, действует ровно так же, как и обычный человеческий мозг, то мы должны согласиться с наличием у него сознания и всех сопутствующих качеств.

Ещё до того, как Джон Сёрль предложил эксперимент с Китайской комнатой, философ Нед Блок задумывался о возможности смоделировать мозг, взяв за основу всё население Китая. (Почему все выбирают Китай, ставя такие мысленные эксперименты, — подумайте сами.) В мозге гораздо больше нейронов, чем людей в Китае или даже во всём мире, но по меркам мысленного эксперимента это несущественная помеха. Если толпа людей будет обмениваться сообщениями друг с другом, в точности имитируя электрохимические сигналы человеческой коннектомы, можно ли будет трактовать такую совокупность, как «сознание»? Существует ли такой смысл, в котором человеческая популяция — как коллектив, а не как сумма личностей — могла бы обладать внутренним опытом и пониманием?

Допустим, мы картировали человеческую коннектому не только в определённый момент времени, но и в том виде, как она развивается на протяжении жизни. Затем — поскольку мы уже ввязались в столь безнадёжно далёкие от жизни мысленные эксперименты — допустим, что мы записали абсолютно все моменты из жизни человека, в которые сигнал проходит по синапсу. Сохраним всю эту информацию на жёстком диске или

запишем её на немыслимо огромном числе листов бумаги. Будет ли эта запись мыслительных процессов индивида как таковая обладать «сознанием»? Требуется ли нам в самом деле развиваться во времени либо статическое представление человеческого мозга в развитии позволит уловить сущность сознания?

* * *

Эти примеры слегка вычурные, но наглядные. Да, если воспроизвести процессы, происходящие в мозге на материале совершенно иной субстанции (будь то нейристоры или люди), то полученный результат определённо должен трактоваться как сознание. Однако если вывести эти процессы на печать и зафиксировать на каком-либо статическом носителе, то никакого сознания не получится.

С точки зрения поэтического натурализма, говоря о сознании, мы не открываем какого-то фундаментального вида материи, существующего во Вселенной. Случай отличается от поиска вируса, вызывающего известное заболевание, когда мы точно знаем, что ищем, и просто хотим зафиксировать вирус нашими приборами, чтобы описать, что он собой представляет. Концепции «сознание» и «понимание», подобно «энтропии» и «теплоте», — из разряда таких, которые мы *изобретаем*, чтобы получить более полезные или эффективные описания мира. Определять, что концептуально представляет собой сознание, мы должны в зависимости от того, даёт ли нам такая трактовка удобный способ рассуждения о мире, строго согласующийся с данными и подсказывающий, что происходит на самом деле.

На определённом уровне может проявляться множественная реализуемость. Большинство отдельных атомов и многие клетки человеческого организма ежегодно заменяются эквивалентными атомами или клетками — организм напоминает корабль Тесея. Однако не все — так, считается, что атомы зубной эмали перманентно находятся на своих местах. Но ваша индивидуальность определяется тем, каким паттернам подчиняются ваши атомы, какие действия они в совокупности совершают, а не от конкретных свойств каждого атома как самостоятельной частицы. Представляется логичным, что и сознание должно обладать таким же свойством.

И если мы формулируем определение сознания, то «поведение системы с течением времени», естественно, должно играть ключевую роль. Если в сознании и есть какой-либо абсолютно незаменимый элемент, то это должна быть способность к мышлению. Она, вне всякого сомнения, связана с эволюцией во времени. Наличие сознания также подразумевает какое-

либо постижение окружающего мира и взаимодействие с ним соответствующим образом. Система, которая просто статично существует, сохраняя в каждый момент времени одинаковую конфигурацию, не может считаться сознательной независимо от уровня её сложности и что бы она собой ни представляла. Распечатка всего, что делает ваш мозг, не годится.

Допустим, вы попытались бы разработать эффективную теорию поведения человеческих существ, но совершенно не затрагивать при этом внутренних ментальных состояний. Таким образом, вы выступаете в роли старомодного бихевиориста: личность получает ввод, действует соответствующим образом — и никакого недоступного для наблюдения нонсенса, связанного с некой внутренней жизнью.

Если бы вы хотели сделать хорошую теорию, то в конце концов заново изобрели бы идею о внутренних ментальных состояниях. Одна из причин этого проста: органы чувств могут донести до вас вопрос: «Как ты?», а вы можете отреагировать так: «Честно говоря, мне сейчас немного муторно». Чтобы учесть такое поведение, проще всего представить себе, что существует ментальное состояние под названием «муторно» и что субъект в данный момент находится именно в таком состоянии.

Однако есть и другая причина. Даже если индивид совершает поступки, которые, на первый взгляд, не связаны с его ментальным состоянием, реальное человеческое поведение является исключительно сложным. Ситуация отнюдь не та, что в случае с двумя бильярдными шарами, которые сталкиваются на столе для пула — и вы можете уверенно спрогнозировать, что произойдёт далее, располагая минимальной информацией (угол удара, вращение, скорость и т. д.). Два разных человека или даже один и тот же человек в несколько разных обстоятельствах могут очень по-разному отреагировать на одинаковый «ввод». Удобнее всего объяснить такую ситуацию с привлечением внутренних переменных: в голове у человека что-то происходит, и нам следовало бы учесть эти процессы, если мы хотим достоверно спрогнозировать его поведение. (Если кто-то, хорошо вам известный, ведёт себя странно, помните: возможно, дело не в вас.)

Если бы мы уже не были знакомы с сознанием, то нам следовало бы его изобрести. Тот факт, что человек ощущает как своё внутреннее состояние, так и внешние стимулы, играет абсолютно ключевую роль в том, кто он такой и как себя ведёт. Внутренняя жизнь неотделима от внешних поступков.

В сущности, Дэниэл Деннетт говорит именно об этом, рассуждая об *интенциональной установке*. Во многих ситуациях удобно говорить, что у

определённых сущностей как будто есть предпочтения и установки. Поэтому мы, что весьма разумно, рассуждаем таким образом — приписываем интенциональность всевозможным феноменам, поскольку она входит в состав теории, хорошо описывающей свойства этих феноменов. В принципе, мы только и делаем, что говорим в контексте «как будто», поскольку не существует метафизически очерченной содержательности, которая связывала бы различные части физического мира, — есть лишь отношения между различными материальными феноменами. В главе 35 мы обсуждали эмерджентность «цели», и точно так же мы можем говорить о намерениях, предпочтениях и сознательных состояниях как о концепциях, играющих ключевые роли в высокоуровневой эмерджентной теории, описывающей всё ту же базовую физическую реальность.

Тьюринг пытался зафиксировать в своей игре в имитацию идею о том, что наиболее важный аспект мышления — это реакция системы на стимулы, например на вопросы, которые выводятся в окне терминала. Полная аудио- и видеозапись человеческой жизни не обладала бы «сознанием», даже если бы нам удалось в точности зафиксировать всё, что человек успел сделать к настоящему моменту, поскольку такая запись не позволяла бы экстраполировать это поведение в будущее. Мы не могли бы задать будущему вопросы или контактировать с ним.

Многие программы, пытавшиеся пройти облегчённые версии теста Тьюринга, были наскоро состряпанными чатботами — простыми системами, которые могут сыпать заранее запрограммированными репликами на различные возможные вопросы. Их легко обхитрить не только из-за отсутствия у них подробных контекстуальных знаний о внешнем мире, которые есть у любого нормального человека, но и из-за того, что они даже не запоминают разговор, который ведут, а тем более не вплетают эти воспоминания в контекст дискуссии. Чтобы приобрести такие возможности, они должны были бы обладать внутренними ментальными состояниями, которые целостным образом зависели бы от всей истории бота, а также иметь возможность продумывать гипотетические ситуации из будущего, отличая при этом будущее от прошлого, себя от окружающей среды и реальность от вымысла. Как предполагал Тьюринг, та программа, которая действительно могла бы убедительно поддерживать разговор на человеческом уровне взаимодействия, действительно могла бы называться «думающей».

* * *

Синтия Брезел, инженер-робототехник из Массачусетского

технологического института, поставила ряд экспериментов в области «социальной робототехники». Одним из её наиболее милых изделий является робот-кукла по имени Леонардо, корпус которого спроектировали специалисты из компании Stan Winston Studio, занимающейся разработкой спецэффектов и участвовавшей в подготовке знаменитых голливудских блокбастеров, таких, например, как «Терминатор» и «Парк юрского периода». Леонардо оснащён более чем шестью десятками миниатюрных двигателей, которые позволяют ему совершать разнообразные движения и обеспечивают богатую мимику — он весьма похож на Гизмо, персонажа из фильма «Гремлины» Стивена Спилберга.

Оказывается, мимика — очень полезный ресурс при общении с людьми. Мозг работает лучше, если находится в «теле».

Леонардо общался с исследователями из лаборатории Брезел, распознавал выражения их лиц и изображал мимику сам. Кроме того, в него была запрограммирована *теория разума* — он не только учитывал те знания, которые приобретал сам (информацию о том, что происходит перед Леонардо, записывали его глаза-видеокамеры), но и что-то узнавал от окружающих людей (имитировал их действия). Не все действия Леонардо были заранее запрограммированы; он изучил новые варианты поведения, общаясь с людьми, подражая жестам и реакциям, которые подмечал у других. Любой человек, ничего не зная о программной составляющей Леонардо, легко догадывался, доволен робот или грустит, страшно ли ему или он запутался — достаточно было понаблюдать за его мимикой.

Один наглядный эксперимент, поставленный с Леонардо, относился к классу задач на понимание ложных убеждений: следовало убедиться, что субъект понимает, что некто может придерживаться определённого убеждения, даже если оно ложно. (По-видимому, у человека такая способность развивается в возрасте около четырёх лет; дети младшего возраста искренне заблуждаются, считая, что все остальные смотрят на вещи точно так же, как и они). Леонардо увидел, как некто кладёт куклу Большая Птица в одну из стоящих перед ним коробок. Затем этот человек удаляется, а в комнату входит другой человек и перекладывает Большую Птицу из одной коробки в другую. Второй человек уходит, а первый возвращается. Леонардо достаточно умён, чтобы понять две вещи: во-первых, Большая Птица во второй коробке, а, во-вторых, первый человек «полагает», что она в первой.

Затем экспериментатор спрашивает: «Лео, как ты думаешь, где, на мой взгляд, лежит Большая Птица?». Это вопрос о метапознании, то есть мышлении о мышлении. Леонардо правильно указывает на первую

коробку, согласно собственной модели об убеждениях экспериментатора. Однако, указывая на первую коробку, Леонардо также мельком поглядывает на вторую — он же знает, что кукла там. Такое поведение не было запрограммировано; робот усвоил его из общения с людьми.

Будь вы рыба, выползающая на сушу, либо робот, общающийся с экспериментаторами в лаборатории, вам пригодятся модели окружающего мира, учитывающие присутствие других живых существ, а также *их* модели мира. Осведомлённость о себе и других, умение поддерживать коммуникацию на нескольких уровнях — важные навыки для выживания в непростом мире.

Глава 40
Трудная проблема

Жизнь на Земле претерпела несколько драматических фазовых переходов. Самовоспроизводящиеся организмы, клеточные ядра, многоклеточная жизнь, выход на сушу, зарождение речи — всё это важные новые способности, радикально расширявшие круг возможностей организма. Возникновение сознания — пожалуй, наиболее интересный из всех фазовых переходов, начало совершенно новых принципов самоорганизации и поведения материи. Атомы не просто могут складываться в сложные самоподдерживающиеся структуры — эти структуры обретают самосознание и способность оценивать, какое место они занимают в мироздании.

Если, конечно, не происходит чего-то значительно более глубокого. Как выразился философ Томас Нагель, «по-видимому, существование сознания подразумевает, что... устройство естественного мира отнюдь не сводится к простым явлениям, описываемым физикой и химией». С такой точки зрения не следует рассчитывать, что мы могли бы объяснить сознание исключительно в контексте физических свойств квантовых полей, описываемых Базовой теорией, поскольку сознание выходит за рамки физического мира.

Несложно представить себе, почему у кого-то могут возникнуть такие ощущения. Отлично, рассуждаем мы далее, я готов признать, что Вселенная существует и подчиняется естественным законам, не апеллируя к каким-либо внешним факторам. Я вполне допускаю, что жизнь — это сложная сеть взаимосвязанных химических реакций, она возникла спонтанно и миллиарды лет развивалась под действием естественного отбора. Однако *я*, определённо, не просто куча атомов, которые сталкиваются друг с другом под действием тяготения и электромагнетизма. Я *воспринимаю*, я *чувствую*; быть мною — это что-то особенное, что-то сугубо личное и эмпирическое, это глубокий внутренний опыт, который, пожалуй, нельзя свести к движению тупой материи, независимо от того, сколько атомов собрать вместе. Этот феномен получил название *«психофизиологическая проблема»*: как можно рассчитывать, что нам удастся описать ментальную реальность, если мы опираемся лишь на физические концепции?

Как и в случаях с происхождением жизни и происхождением

Вселенной, нельзя утверждать, что мы полностью понимаем природу сознания. Изучение человеческого мышления и чувствования, не говоря уж об исследовании нашей саморефлексии, пока только зарождается. Как выразилась нейрофизиолог и философ Патрисия Чёрчленд, «мы находимся на доньютоновском и докеплеровском этапе. Мы всё ещё пытаемся осознать, что у Юпитера есть спутники».

Однако ничто из того, что известно нам о сознании, не позволяет усомниться в обычном натуралистическом восприятии мира, которое настолько успешно подтвердилось во многих других контекстах. По состоянию на текущий момент ни один из аспектов психофизиологической проблемы не убеждает нас в том, что законы физики требуют дополнений, поправок или надстроек.

* * *

«Сознание», как и «жизнь», — не столько унифицированная концепция, сколько набор взаимосвязанных атрибутов и феноменов. Мы осознаём себя и собственную отграниченность от окружающего мира. Мы можем размышлять об альтернативных сценариях будущего. Испытываем ощущения. Можем абстрактно рассуждать и оперировать символами. Переживаем эмоции. Можем вспоминать, рассказывать истории и иногда лгать. Сознание слагается из суммарного функционирования всех этих явлений, и некоторые аспекты проще объяснить в чисто физическом контексте, другие — сложнее.

Возьмём, к примеру, красный цвет. Это полезная концепция, которая явно обладает универсальной объективной узнаваемостью, по крайней мере для зрячих людей, не страдающих дальтонизмом. Мы однозначно понимаем инструкцию «красный свет — хода нет». Но существует знаменитый коварный вопрос: а видим ли мы с вами одно и то же, когда полагаем, что видим что-то красное? Это вопрос из области *феноменального сознания* — каково ощущать красноту?

Слово *«квалиа»* (множественное число от «quale», произносится [квале]) иногда употребляется в значении «субъективное восприятие чего-либо». «Красный» — это цвет, объективная с физической точки зрения длина волны или соответствующая комбинация нескольких длин волн, но «восприятие красноты красного» — это одно из квалиа, которые пригодятся нам для полного понимания сознания.

Австралийский философ Дэвид Чалмерс подчёркивал разницу между тем, что он называл *Простыми Проблемами*, и *Сложной Проблемой* сознания. Простые Проблемы многообразны: объяснить разницу между бодрствованием и сном, описать восприятие информации и её интеграцию,

сформулировать, как мы вспоминаем прошлое и прогнозируем будущее. Сложная Проблема — объяснение квалиа, субъективности опыта. Можно сказать, что Сложная Проблема охватывает те аспекты сознания, которые неотделимы от личности, — наши собственные ощущения, а не то, как мы действуем и реагируем с точки зрения всех остальных. Простые Проблемы по сути функциональны, а Сложная Проблема касается восприятия.

Именно Сложная Проблема представляет собой очевидный вызов чисто физической трактовке мира. Простые Проблемы непросты, но они однозначно вписываются в сферу традиционных научных исследований. Мы пока ещё не вполне понимаем, как именно в голове возникает образ «рыба», когда протоны отражаются от рыбы и попадают нам на сетчатку. Но с нейрофизиологической точки зрения путь к пониманию этого кажется довольно простым. Напротив, Сложная Проблема кажется куда более крепким орешком. Можно сколько угодно рыться в мозге, но как это поможет нам в постижении внутреннего, сугубо субъективного опыта? Как совокупность квантовых полей, развивающаяся в соответствии с Базовой теорией, вообще может обладать «внутренним опытом»?

Выражаясь словами Питера Хенкинса, можно сказать, что многие эксперты по сознанию различают Простую Проблему (которая сложна) и Сложную Проблему (которая неразрешима). Но некоторые считают, что Сложная Проблема не только очень проста, но и вообще никакой проблемы здесь нет, есть лишь концептуальная путаница. Споры между представителями двух этих лагерей порой удручают; ничто так не разочаровывает, как если кто-то вас уверяет, что наиважнейшая и центральная (на ваш взгляд) проблема — не проблема вовсе.

Будучи поэтическими натуралистами, мы так и собираемся поступить. Атрибуты сознания, в том числе наши квалиа и внутренний субъективный опыт, — это просто удобные способы рассуждения об эффективном поведении атомных совокупностей, именуемых «людьми». Сознание — не иллюзия, но оно ничуть не отступает от законов физики в том виде, в каком мы их сейчас понимаем.

* * *

Есть ряд мысленных экспериментов, призванных показать, сколь сложна в реальности Сложная Проблема. Один из наиболее известных именуется «Мария, исследовательница цвета». Это красочный (а как же ещё) пример так называемого *аргумента знания*. Эксперимент был предложен австралийским философом Фрэнком Джексоном в 1980-х годах, причём Джексон стремился показать, что в мире должно быть что-то, кроме физических фактов. Этот эксперимент наряду с «Китайской комнатой»

Сёрля является одной из самых выдающихся моделей, в которых философы заточают своих персонажей в странные помещения, чтобы проиллюстрировать то или иное свойство сознания.

Мэри — блестящий учёный, воспитанная в довольно причудливых условиях. Она живёт в комнате, которую никогда не покидала, причём в этой комнате полностью отсутствуют яркие цвета. Там всё чёрное, белое или серое (в разных оттенках). Любопытно, что выросшая в такой комнате Мэри стала специалистом по изучению цвета. Она могла пользоваться любыми инструментами, какими только пожелает, а также исчерпывающей научной литературой, посвящённой цвету. Все цветные иллюстрации были переделаны в монохромные серые.

Итак, Мэри досконально изучила цвет с физической точки зрения. Она знает физику света, а также нейрофизиологию — как глаз передаёт в мозг информацию о цвете. Она начитана по теории искусств, теории цвета и агротехнике — знает, как вырастить идеально красные помидоры. Просто никогда не *видела* красного цвета.

Джексон спрашивает, что произойдёт, когда Мэри решит выйти из комнаты и впервые увидит цвета? В частности, *узнает* ли она что-нибудь новое? Джексон считает, что да, узнает.

Что произойдёт, когда Мэри будет выпущена из чёрно-белой комнаты или когда ей дадут цветной телевизор? Узнает ли она что-нибудь или нет? Кажется очевидным, что она узнает нечто о мире и о том, как мы воспринимаем его. Но в таком случае необходимо признать, что её предыдущее знание было неполным. Но она обладала всей возможной физической информацией. Ergo существует ещё что-то, что мы должны знать, и физикализм ложен.

Мэри может знать все физические факты о цвете, но кое-чего она ещё не знает: «на что это похоже» воспринимать красный цвет. Следовательно, в мире есть что-то, кроме физических феноменов. Этот аргумент не просто демонстрирует, что мы не в состоянии объяснить новый опыт Мэри на языке физики, но и указывает, что такого описания просто не существует.

Как и в случае с Китайской комнатой, мытарства Мэри связаны с относительно невинной формулировкой мысленного эксперимента, однако на практике такая ситуация решительно невозможна. «Все физические факты о цвете» — это просто уйма фактов. Вот пример такого факта: знает ли Мэри, что я поранился, когда на прошлой неделе резал лук? Знает ли она положение, импульс и частоту каждого фотона видимого света во всей Вселенной? А что насчёт Вселенной в прошлом и будущем? Как и в случае со «всеведущим, всемогущим и всеблагим существом», мы весьма условно

представляем себе, что означает формулировка «все физические факты о цвете», но далеко не ясно, описывает ли такая характеристика какую-либо чёткую концепцию.

* * *

Когда на примере Мэри мы пытаемся доказать, что Вселенная обладает не только физическими свойствами, зыбкость физических фактов — ещё не самая большая проблема. Гораздо хуже, что «знания» и «опыт» — также весьма скользкие понятия.

Рассмотрим злоключения Мэри с точки зрения поэтического натурализма. Существует конкретное базовое описание нашего мира, которое можно дать в терминах развивающейся квантовой волновой функции или, возможно, на более глубинном уровне. Другие концепции, к которым мы апеллируем, скажем «комната» и «красный», — это элементы словарей, позволяющих построить удобные приблизительные модели определённых аспектов базовой реальности в конкретных областях применения. Так, например, мы изобретаем феномен «личность», который определённым образом соотносится с базовой реальностью, — причём, возможно, в принципе нелегко дать дефиницию такому феномену, но на практике он легко узнаваем.

У таких «людей» есть различные признаки, например «возраст» или «рост». Один из подобных признаков называется «знания». Человек знает что-либо, если может (более или менее успешно) верно отвечать на вопросы об этом либо эффективно выполнять связанные с данным феноменом действия. Если надёжный человек нам скажет: «Линда умеет поменять покрышки на автомобиле», то мы с высокой субъективной вероятностью должны предположить, что человек по имени Линда способен ответить на определённые вопросы или выполнить некоторые действия, в данном случае заменить спустившую шину. Наличие знаний у человека соответствует наличию определённых сетей синаптических связей между нейронами в мозге этого человека.

Итак, нам говорят, что человек по имени Мэри обладает определёнными знаниями — она осведомлена обо всех физических свойствах цвета. Приобретёт ли она «новые знания», когда выйдет из комнаты и впервые увидит цвета?

Всё зависит от того, что именно мы имеем в виду. Если Мэри знает все физические факты о цвете, это означает, что на некотором уровне её мозга расположены нужные синаптические связи, позволяющие верно отвечать на вопросы, касающиеся физических свойств цвета. Когда она на самом деле увидит красный цвет, в зрительной доле коры ее мозга сработают

определённые нейроны, которые, в свою очередь, активируют другие синаптические связи, «воспоминания о том, как выглядит красный цвет». По условиям мысленного эксперимента в реальности ничего подобного с Мэри не происходило — соответствующие нейронные связи у неё никогда не срабатывали.

Когда Мэри выходит из комнаты и эти нейроны наконец срабатывают, узнает ли она «что-то новое»? В некотором смысле, естественно, да — теперь у неё будут воспоминания, которых ранее не было. От знаний зависит наша способность отвечать на вопросы и совершать действия, и теперь Мэри может что-то, чего не могла ранее: зрительно узнавать красные предметы.

Доказывает ли этот аргумент, что во Вселенной есть что-то, кроме её физических свойств? Естественно, нет. Мы просто искусственно разграничили два множества синаптических связей: «те, которые образуются при чтении книг и постановке научных опытов в чёрно-белой комнате» и «те, что возникают при стимуляции зрительной доли коры головного мозга при восприятии фотонов красного света». Такой способ описания наших знаний о Вселенной возможен, но он не единственный. Знания могут попадать в мозг различным образом, но сами знания от этого не изменяются. Это не тот аргумент, из-за которого стоило бы дополнять наши успешные модели естественного мира совершенно новыми категориями.

Мэри могла испытать, что такое красный цвет. Она могла соорудить датчик, который подключается к голове, отправляет электрохимический сигнал прямо в зрительную долю коры головного мозга, активирует именно то впечатление, которое мы именуем «видеть красный цвет». (В конце концов, по условиям эксперимента Мэри — блестящий учёный.) Мы можем запретить ей делать такую вещь, определяя, как именно она должна «изучить все физические факты о красном цвете», но это будет произвольное ограничение с нашей стороны, а не глубокая догадка об устройстве реальности.

Ситуация Мэри перекликается с избитой загадкой: «А мы с тобой одинаково видим красный цвет?». Речь не о длинах волн, а о том, одинаково ли мы с тобой воспринимаем красное. В строгом смысле — нет; моё восприятие красного цвета связано с определёнными электрохимическими сигналами, пронизывающими мой мозг, а у вас в мозге при восприятии красного цвета идут другие электрохимические сигналы. Итак, в самой занудной трактовке они не могут быть совершенно одинаковыми; ситуация точно такая, как если бы мы сказали: «Мой

карандаш — не то, что твой; пусть они и выглядят совершенно одинаково, но ведь один из них принадлежит мне». Однако моё восприятие красного цвета, вероятно, весьма напоминает ваше, просто потому что мозг у нас с вами очень похож. Обо всём этом интересно поразмышлять, но это не такой «водоворот», из-за которого следовало бы отвергнуть Базовую теорию как основополагающее описание всего и вся.

Сам Фрэнк Джексон впоследствии пересмотрел свои первоначальные выводы об аргументе знания. Как и большинство философов, он признаёт, что в основе сознания лежат чисто физические процессы. «Хотя некогда я и был научным диссидентом, теперь я капитулировал», — пишет он. Джексон считает, что Мэри-цветовед помогает интуитивно подчеркнуть, почему сознательный опыт несводим к чистой физике, но этот пример нельзя считать убедительным аргументом, который бы позволял сделать такой вывод. Самое интересное — показать, как обманчива наша интуиция. Наука снова и снова подсказывает, что зачастую так и есть.

Глава 41
Зомби и сюжеты

Дэвид Чалмерс, предложивший формулировку «сложная проблема сознания», — вероятно, самый известный современный сторонник того, что физическую реальность требуется дополнить некой составляющей, которая бы позволила объяснить сознание и, в частности, учесть тот внутренний опыт, с которым связана Сложная Проблема. Одним из излюбленных инструментов для решения данной проблемы является ещё один мысленный эксперимент, в котором рассматриваются *философские зомби*.

В отличие от живых мертвецов, которые жрут человеческие мозги и фигурируют во всё новых кинофраншизах, философский зомби выглядит и ведёт себя точно так же, как обычный человек. Действительно, физически они неотличимы от нормальных людей, незомби. Просто у них отсутствует какой-либо ментальный опыт. Мы можем задаваться вопросом о том, каково быть летучей мышью или другим человеком, можем размышлять об этом. Но по определению нельзя представить, «каково быть зомби». Зомби ничего не чувствуют.

Возможность существования зомби проистекает из идеи, что можно быть натуралистом, не будучи физикалистом. Можно признавать, что существует всего один естественный мир, но допускать, что, кроме физических, в нём есть и иные свойства. Согласно такой точке зрения, не существует нефизических феноменов, например бесплотных душ. Однако знакомые нам физические явления могут обладать иными свойствами — скажем, ментальными. Такая точка зрения называется *дуализм свойств* — в противовес старому доброму картезианскому *субстанциальному дуализму*, постулирующему существование физических и нефизических явлений.

Идея заключается в том, что вы могли бы взять набор атомов, выдать мне исчерпывающую информацию обо всех физических свойствах этих атомов, но при этом такая информация осталась бы неполной. Система обладает различными возможными ментальными состояниями. Если атомы образуют скалу, то эти свойства могут быть примитивными и незаметными — в сущности, нерелевантными. Но если атомы образуют человека, то в нём воплощаются самые разнообразные ментальные состояния. Такая точка зрения означает, что мы должны всерьёз воспринимать эти ментальные свойства, чтобы понять сознание.

Если движение элементарных частиц сказывается на этих свойствах таким же образом, как и на физических свойствах — например, на массе и электрическом заряде, то это будут просто какие-то новые физические свойства. Можно смело постулировать существование новых физических свойств, отражающихся на поведении электронов и фотонов, но в таком случае вы не просто дополняете Базовую теорию новыми идеями, а утверждаете, что она ошибочна. Если ментальные свойства сказываются на эволюции квантовых полей, то должны быть способы экспериментально измерить такие эффекты, по крайней мере в принципе — не говоря обо всех физических сложностях, связанных с сохранением энергии и т. п., которые повлекла бы за собой такая модификация. Разумно присвоить очень низкую субъективную вероятность такому полному пересмотру всей структуры современной физики, которая крайне успешна.

В качестве другого варианта можно представить себе, что ментальные свойства просто сосуществуют с физическими системами. Возможно, Базовая теория даёт полное описание физических свойств тех квантовых полей, из которых мы состоим, но не полностью описывает нас самих. Для полной характеристики человека потребовалось бы учесть и его ментальные свойства.

Зомби были бы совокупностями частиц, которые упорядочены точно так, как у обычного человека; следовательно, эти совокупности подчиняются одним и тем же физическим законам, функционируют одинаково, но у зомби отсутствуют ментальные свойства, обеспечивающие существование внутреннего опыта. Общаясь с любыми друзьями или близкими, вы можете заключить, что все они втайне являются зомби. А они не могут быть уверены, что вы — не зомби. Возможно, будут просто подозревать об этом.

* * *

Важнейший вопрос, связанный с зомби, довольно прост: могут ли они вообще существовать? Если могут, то это убийственный аргумент против идеи о том, что сознание можно объяснить в контексте одних лишь физических свойств. Если у нас есть два идентичных множества атомов, каждое из которых выглядит как человек, но одно обладает сознанием, а другое — нет, то сознание не может быть чисто физическим явлением. Должен существовать ещё какой-то компонент, не обязательно бестелесный дух, но как минимум ментальный аспект, сопутствующий физической конфигурации.

Когда мы рассуждаем о существовании зомби, мы вовсе не обязательно имеем в виду существование *физическое*. Нам не требуется

вообразить, что мы могли бы встретить всамделишного зомби здесь, в нашем реальном мире, причём зомби состоял бы из таких же частиц, что вы и я (если вы — не зомби, из чего я в дальнейшем собираюсь исходить). Мы просто представим себе возможный мир с иной фундаментальной онтологией, пусть в нём и могут быть почти такие же частицы и взаимодействия, как в нашем. В нём просто не будет ментальных свойств.

Чалмерс утверждает, что, поскольку зомби — это мыслимые, логически представимые существа, мы уже знаем, что сознание несводимо к физике, независимо от того, могут ли зомби существовать в нашем мире. Ведь в таком случае мы убедимся, что сознание нельзя объяснить одними лишь свойствами материи; материя может проявлять одни и те же свойства как при участии сознательного опыта, так и без него.

Разумеется, затем Чалмерс говорит, что представить таких зомби можно. Ему это не составляет труда, и вам, возможно, тоже. Можем ли мы в результате заключить, что в мире существует ещё что-то, кроме физической Вселенной?

* * *

Определить, «представимо» ли что-либо, сложнее, чем может показаться на первый взгляд. Мы можем выдумать некое существо, которое выглядит и ведёт себя точно как человек, а на самом деле это мертвец, не обладающий внутренним опытом. Но можем ли мы представить себе, чтобы поведение такого существа в действительности было неотличимо от поведения обычного человека?

Допустим, зомби споткнулся и ушиб палец. Он вскрикнет от боли, поскольку человек поступил бы именно так, а зомби ведёт себя точно как человек. (В противном случае мы могли бы распознать зомби по их необычному поведению.) Если вы ушибли палец, в вашей коннектоме побегут определённые электрохимические сигналы, и такие же сигналы будут передаваться в коннектоме у зомби. Если бы вы спросили зомби: «Почему ты вскрикнул?», он бы ответил: «Палец ушиб, мне больно». Когда мы слышим подобную реплику от человека, мы предполагаем, что он говорит правду. Но зомби может лгать, поскольку ему чужды такие ментальные состояния, как «испытывать боль». Почему зомби всё время лгут?

Если уж на то пошло, а вы *уверены*, что вы не зомби? Вы думаете, что зомби не являетесь, поскольку обладаете внутренним опытом. Можете описать его в журнале или спеть о своих переживаниях песню в кофейне. Но идентичный вам зомби делал бы то же самое. Ваш двойник-зомби клялся бы и божился, что у него точно так же, как у вас, есть внутренний

опыт. Вы не считаете себя зомби, но зомби утверждал бы ровно то же самое.

* * *

Проблема в том, что концепция «внутренних ментальных состояний» не из тех, что просто проявляются сами по себе, когда мы взаимодействуем с миром. Эта концепция играет важную роль при отслеживании человеческого поведения. Выражаясь неформально, мы определённо можем себе представить, как ментальные состояния сказываются на наших физических действиях. Я доволен, следовательно, я улыбаюсь. Идея о том, что ментальные свойства существуют отдельно от физических, однако совершенно не влияют на них, не так легко укладывается в голове, как это могло бы показаться.

Согласно поэтическому натурализму, представить философских зомби попросту невозможно, поскольку «сознание» — это особый способ рассуждения о свойствах определённых физических систем. Фраза «воспринимать красноту красного цвета» относится к высокоуровневому дискурсу, при помощи которого мы обсуждаем эмерджентное поведение базовой физической системы, а не отдельную сущность, не связанную с данной системой. Это не означает, что такие переживания нереальны; моё восприятие красного совершенно реально — как и ваше. Красное реально настолько же, насколько реальны флюиды, стулья, университеты и своды законов — в том смысле, что «красное» играет существенную роль для успешного описания определённой части естественного мира, в конкретной области применения.

Может показаться странным, что логическая возможность концепции зависит от того, окажется ли истинной такая онтология, но мы не можем судить, насколько разумна концепция «человекоподобных существ, не обладающих сознанием», пока не разберёмся, что же такое «сознание».

В 1774 году британский священник Джозеф Пристли получил химический элемент кислород. Если бы вы спросили его, может ли он вообразить воду без кислорода, то он, вероятно, ответил бы: «Запросто!», поскольку не знал, что молекула воды состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода. (Воду впервые удалось разложить на водород и кислород в 1800 году.) Однако теперь мы разбираемся в этой проблеме лучше и понимаем, что «воду без кислорода» представить себе невозможно. В определённом ином мире, где действуют другие законы физики, могла бы найтись другая субстанция, химическая формула которой отличается от H_2O, но с феноменологической точки зрения это вещество не

отличалось бы от воды: было жидким при комнатной температуре, прозрачным для видимого света и т. д. Тем не менее это будет не вода, которую мы знаем и любим. Аналогично, если вы считаете, что сознательные переживания принципиально отличны от физического поведения материи, то без труда вообразите зомби; но если сознание — это концепция, при помощи которой мы просто описываем определённое физическое поведение, то зомби становятся немыслимыми.

* * *

Идея о том, что наши ментальные переживания, или квалиа, являются не отдельными *сущностями*, а полезными элементами определённых *историй, которые мы рассказываем* об обычных физических явлениях, кажется большинству людей сложной для понимания.

Диалог между сторонником дуализма свойств, убеждённым в существовании отдельной ментальной реальности (назовём его М), и поэтическим натуралистом, считающим, что это всего лишь способы рассуждения о физических состояниях (назовём его П), может не сложиться, даже если оба собеседника руководствуются самыми благими намерениями. Разговор может пойти как-то так.

М: Соглашусь с Вами, что, когда я испытываю то или иное ощущение, ему неизбежно сопутствует определённый процесс, происходящий у меня в мозге, — «нейронный коррелят сознания». Но я отрицаю, что мой субъективный опыт — это *всего лишь* подобные явления в мозге. Опыт к ним несводим. Я также ощущаю, *на что это похоже* испытывать такой опыт.

П: Я имею в виду, что утверждение: «Я чувствую...» — элемент эмерджентного описания таких сигналов, возникающих у вас в мозге. В одном случае мы выбираем дискурс, позволяющий рассуждать о нейронах, синапсах и т. д., а в другом — о людях и об их переживаниях. Причём эти способы соотносимы друг с другом: когда с нейронами происходит то или иное событие, человек испытывает определённые чувства. Вот и всё.

М: Да, но ведь не всё! Ведь в противном случае мы бы вообще не имели никакого сознательного опыта. У атомов нет переживаний. Можно *функционально* объяснить, что происходит, корректно учтя все мои поступки, но при таком объяснении неизбежно упускается субъективный аспект.

П: Почему? Я не «упускаю» субъективный аспект, а полагаю, что все эти разговоры о внутреннем опыте — удобный способ суммарно описать общее поведение сложного множества атомов. Отдельные атомы не обладают опытом, но у макроскопических совокупностей атомов такой

опыт вполне может быть, для этого не требуется привлекать никаких дополнительных составляющих.

М: Нет, этого не произойдёт. Как бы вы ни компоновали бесчувственные атомы, они не будут приобретать никакого опыта.

П: Нет, будут.

М: Нет, не будут.

П: Нет, будут.

Можете себе представить, что будет дальше.

Тем не менее давайте ещё раз попытаемся добросовестно объяснить незашоренному стороннику дуализма свойств, как поэтический натуралист воспринимает квалиа. Что мы имеем в виду, говоря: «Я воспринимаю красноту красного?». Примерно следующее.

Существует элемент Вселенной, именуемый «я», — это совокупность атомов, которые взаимодействуют определённым образом. Я приписываю «себе» ряд свойств, некоторые — безусловно физические, а другие — внутренние и ментальные. Есть некоторые процессы, протекающие в нейронах и синапсах моего мозга, и когда они происходят, я могу сказать: «Я воспринимаю красный цвет». Так говорить удобно, поскольку такое высказывание предсказуемым образом коррелирует с другими свойствами Вселенной. Например, человек, знающий, что я способен испытывать подобное, может уверенно заключить, что в мои глаза попадают фотоны с длиной волны, соответствующей красному цвету, а другие объекты, возможно, отражают или излучают такие волны. Затем меня могут спросить: «Какой оттенок красного вы видите?», на что я могу дать ряд разумных ответов. Возможны корреляции и с другими ментальными состояниями, например «когда вижу красное, всегда испытываю меланхолию». Поскольку такие корреляции согласованны и надёжны, я делаю вывод о том, что концепция «видеть красное» играет важную роль в моих рассуждениях о Вселенной, описываемой в макроскопическом масштабе. Следовательно, «восприятие красного» реально.

Пространная формулировка, которую никак не спутаешь с сонетом Шекспира. Тем не менее в ней есть своя поэзия, если присмотреться внимательно.

* * *

С сознанием связаны две точки зрения, смежные с поэтическим натурализмом, но различающиеся в двух важных аспектах.

Согласно одной из них, все так называемые квалиа и внутренний опыт попросту *не существуют* — они иллюзорны. Может быть, вам кажется, что у вас был какой-то внутренний опыт, но это всего лишь устаревший

элемент нашего интуитивного мировоззрения, реликт донаучной эпохи. Теперь наши знания обогатились, и мы можем пользоваться более актуальным и адекватным концептуальным аппаратом.

Другая точка зрения — это сильный вариант редукционизма, согласно которому весь субъективный опыт *представляет собой* физические процессы, происходящие в мозге. Они существуют, но соответствуют конкретным нейронным процессам. Знаменитый пример такого рода привёл философ Хилари Патнэм, размышлявший — для того чтобы опровергнуть идею, а не чтобы её отстоять — о том, что «боль» можно буквально идентифицировать со «срабатыванием С-волокон». (С-волокна — часть нервной системы, по ним передаются болевые сигналы.)

Поэтический натуралист легко признает, что сознательный опыт существует. Он не относится к фундаментальной структуре реальности, но любой такой опыт — важный элемент эмерджентной эффективной теории. Удобнее всего рассуждать о людях и их поведении, ссылаясь на их внутренние ментальные состояния; следовательно, по стандартам поэтического натурализма эти состояния — реально существующие феномены.

Существует связь между различными способами рассуждения о мире (среди которых человеческий уровень, на котором уместно говорить о субъективном опыте; клеточно-биологический уровень, на котором обсуждаются реакции нервных волокон, и уровень физики частиц, на котором действуют фермионы и бозоны). Эта связь заключается в том, что определённые состояния в рамках более широких теорий (теория клеток, теория частиц) соответствуют уникальным состояниям на уровне огрублённых теорий (о людях, о субъективных переживаниях). Обратное отношение обычно неуникально; может существовать множество совокупностей атомов, соответствующих состоянию «мне больно».

Важное, но неочевидное различие таится между «соответствием концепций из различных теорий» и тем, что «концепции из огрублённых теорий должны идентифицироваться как определённые состояния в рамках более исчерпывающих теорий», например: «боль соответствует срабатыванию С-волокон». Разница важна, поскольку стоит нам принять последнюю, более сложную формулировку — и начинаются проблемы. Так, Патнэм затем спрашивал: «Вы хотите сказать, что феномен боли может существовать и независимо от С-волокон? Можно ли сказать, что искусственные существа или инопланетяне, или даже очень отличающиеся от нас земные животные по определению неспособны ощущать боль?».

Мы не собираемся этого утверждать и не должны. Существуют

определённые конфигурации атомов, которые соответствуют «человек испытывает боль», но могут быть и другие конфигурации, соответствующие «Вуки испытывает боль», или любые подобные вариации общего концепта. В принципе ничто не мешает и компьютеру испытывать боль. «Поэтика» поэтического натурализма заключается в том, что мы можем изложить множество историй о мире, причём многие из них охватывают лишь определённые аспекты реальности, и каждая полезна в соответствующем ей контексте.

У нас нет никаких причин утверждать, что субъективного опыта не существует либо что такой опыт можно свести к каким-то процессам, протекающим в мозге. Это просто важные концепции, позволяющие рассуждать о процессах, происходящих у нас в мозге, — вот и всё.

Глава 42
Есть ли у фотонов сознание?

Если сознание — нечто несводимое к физическим свойствам материи, то возникает загадка: что было с сознанием на протяжении всех тех миллиардов лет, пока не возникла жизнь?

Поэтический натуралист без труда отвечает на этот вопрос. Возникновение сознания — это фазовый переход, подобный закипанию воды. Тот факт, что достаточно горячая вода всегда имеет форму пара, не означает, что вода всегда обладает неким «газоподобием», даже пока является жидкостью. Система просто приобретает новые свойства, когда ситуация изменяется.

Однако если вы считаете, что ментальные свойства — дополнительная составляющая, не сводимая к базовому физическому субстрату, то задать вопрос о том, что происходило с этой составляющей на протяжении большей части истории Вселенной, было бы очень проницательно. Наиболее прямолинейный ответ таков: эти свойства существовали всегда, даже до возникновения мозга и вообще каких-либо организмов. Отдельные атомы и частицы, отскакивавшие друг от друга в юной Вселенной либо в настоящее время находящиеся в недрах Солнца или в пустынном и холодном межгалактическом пространстве, уже обладали собственными ментальными свойствами. Таким образом, можно было считать, что у них есть крупицы сознания.

Предположение о том, что сознание пронизывает всю Вселенную и присуще любому материальному предмету, именуется *панпсихизмом*. Это старинная идея, восходящая ещё к древнегреческим философам Фалесу и Платону, а также к некоторым течениям буддизма. В наше время эту идею серьёзно обдумывали такие философы, как Дэвид Чалмерс, и некоторые нейрофизиологи, например Джулио Тонони и Кристоф Кох. Вот с какой замечательной стойкостью Чалмерс признаёт, какие следствия вытекают из подобной точки зрения.

Даже у фотона есть сознание, в какой-то степени. Идея не в том, что у фотонов есть интеллект или мышление. Не то чтобы фотон терзается тревогой, думая: «Ах, я то и дело гоняю туда-сюда на скорости света. Никогда мне не замедлиться, не вдохнуть аромат роз». Нет, вовсе не так. Но, возможно, у фотонов есть некий элемент примитивного субъективного ощущения, некий примитивный предшественник сознания.

Сознание, по крайней мере протосознание, может быть аналогично «спину» или «электрическому заряду» — одному из базовых свойств, характеризующих любую мельчайшую частицу материи во Вселенной.

* * *

Стоит всерьёз отнестись к следствиям этой идеи и рассмотреть, насколько хорошо она сочетается с известной нам физикой фотонов.

В отличие от сложного и труднообъяснимого мозга, элементарные частицы, например фотон, исключительно просты, поэтому их относительно легко изучать и понимать. Физики говорят, что различные частицы обладают разными «степенями свободы» — в принципе речь идёт о том, сколько видов такой частицы может существовать. Например, у электрона две степени свободы. У него есть и электрический заряд, и спин, но электрический заряд может принимать всего одно значение (−1), а спин бывает верхним или нижним. Дважды один равно двум — получается две степени свободы. В свою очередь, *u*-кварк имеет шесть степеней свободы: как и у электрона, у него фиксированный заряд и два возможных направления вращения, но он также может иметь один из трёх «цветов», а один умножить на два и умножить на три равно шести. Фотоны имеют строго нулевой электрический заряд, но у них есть два варианта спина, а следовательно, у фотона две степени свободы, как и у электрона.

Мы могли бы попытаться интерпретировать возможное существование ментальных свойств самым прямолинейным образом — по аналогии с элементарными частицами, для каждой из которых мы вводим новые степени свободы. Допустим, фотон может обладать не только конкретным спином, но и одним из двух ментальных состояний: условно назовём их «весёлый» и «грустный», хотя эти наименования скорее поэтические, чем реалистические.

Такая крайне буквальная версия панпсихизма, вероятно, не может быть верна. Одна из основных вещей, известных нам о Базовой теории, — сколько именно степеней свободы есть у каждой частицы. Вспомните диаграммы Фейнмана, рассмотренные в главе 23; они описывают, как элементарные частицы отскакивают друг от друга, обмениваясь при этом другими частицами. Каждая диаграмма соответствует значению, которое можно рассчитать, характеризующему общий вклад конкретного процесса в конечный результат. Например, два электрона отскакивают друг от друга, обмениваясь фотонами. Эти значения были экспериментально проверены с исключительной точностью, и Базовая теория блестяще прошла этот тест.

Важнейший параметр при расчёте таких процессов — это число степеней свободы, присущих каждой частице. Если бы у фотонов были

какие-то скрытые степени свободы, о которых мы пока не знаем, то эти свойства влияли бы на все прогнозируемые результаты экспериментов с рассеянием, связанных с фотонами, и все наши прогнозы не подтверждались бы на практике. Такого не происходит. Итак, мы можем однозначно заключить, что фотоны не могут быть «весёлыми» или «грустными», а также не могут иметь каких-либо иных ментальных свойств, функционально аналогичных степеням свободы.

Сторонники панпсихизма, вероятно, не стали бы утверждать, что ментальные свойства играют некие роли, позволяющие сравнивать их с физическими степенями свободы, поэтому предыдущий аргумент их не разубедит. В противном случае эти новые физические свойства ничем не отличались бы от обычных.

В итоге мы оказываемся на позиции, очень напоминающей ситуацию с обсуждением зомби: мы постулируем новые ментальные свойства, а затем утверждаем, что они не дают никаких наблюдаемых физических эффектов. В таком случае, что, если заменить «протосознательные фотоны» на «зомби-фотоны», у которых нет таких ментальных свойств? На уровне свойств физической материи, в том числе и таких феноменов, как разговор, переписка или невербальный контакт с возлюбленным, мир с зомби-фотонами ничуть не отличался бы от мира, фотоны в котором обладают ментальными свойствами.

Следовательно, хороший байесовец заключил бы, что мы живём как раз в мире зомби-фотонов. Мы просто ничего не получаем, приписывая сознательные черты отдельным элементарным частицам. Такое приписывание не является полезным способом рассуждения о мире; оно не даёт никакой новой информации и не позволяет давать более достоверных прогнозов. Мы просто накладываем дополнительный метафизический уровень сложности на такое описание, которое и без него является абсолютно успешным.

Представляется, что сознание по природе своей — коллективный феномен, способ рассуждения о поведении сложных систем, способных строить модели себя самих и окружающего мира в форме своих внутренних состояний. Тот факт, что полнофункциональное сознание существует здесь, в нашей современной Вселенной, ещё не означает, что следы сознания должны были проявляться с самого её зарождения. Некоторые вещи возникают по мере развития Вселенной, увеличения сложности и энтропии: таковы галактики, планеты, организмы и сознание.

* * *

Неизвестно, обладают ли отдельные частицы своеобразным

протосознанием; как бы то ни было, существует долгая история о том, как человек пытался увязать тайну сознания с другой знаменитой таинственной системой: квантовой механикой. Так, Дэвид Чалмерс, размышлявший над этой проблемой, иронически сформулировал «Закон минимизации тайны»: сознание таинственно, и квантовая механика таинственна, поэтому, возможно, у этих двух тайн есть какой-то общий источник.

Несомненно, что с квантовой механикой связаны настоящие тайны — и прежде всего это то, что именно происходит, когда наблюдатель измеряет параметры квантовой системы. В эвереттовской многомировой интерпретации ответ прост: ничего особенного. Ситуация продолжает плавно развиваться в соответствии с детерминистическим множеством уравнений, но взаимодействие макроскопического наблюдателя с обширной окружающей средой приводит к тому, что способ рассуждения о ситуации изменяется с «одна Вселенная существует в квантовой суперпозиции» на «существуют две отдельные Вселенные». Тот факт, что наблюдатель обладает сознанием, не играет ровно никакой роли; в качестве наблюдателя вполне может выступать нематода, видеокамера или камень.

К сожалению, не все признают преимущества этого подхода. В академической версии квантовой механики предполагается, что в процессе наблюдения наступает некий момент, в который функция «коллапсирует». До коллапса частица может находиться в суперпозиции двух состояний, например обладать сразу верхним и нижним спином; после коллапса остаётся всего один из альтернативных вариантов. Итак, что именно приводит к коллапсу? Есть рациональное зерно в версии, что коллапс может быть связан с участием сознающего наблюдателя, причём ряд уважаемых физиков много лет придерживался такой версии.

Версия о том, что сознание играет какую-либо роль в понимании квантовой механики, в настоящее время утратила практически всю поддержку, которой некогда пользовалась. Сейчас мы понимаем квантовую механику гораздо лучше, чем её основатели; у нас есть очень конкретные и количественно выверенные теории, позволяющие достоверно объяснить, что именно происходит в процессе измерения; при этом совершенно нет необходимости апеллировать к сознанию. Мы не знаем, какая из этих теорий верна (и верна ли вообще какая-либо из них), поэтому тайны остаются, и, хотя мы пока не можем получить окончательный ответ, само существование правдоподобных альтернатив заставляет усомниться в сравнительно экстравагантных вариантах.

Некоторым людям свойственно чрезмерно увлекаться необычными возможностями — они охотно хватаются за излюбленные модные словечки

и пользуются ими, как вздумается. Именно так обычно складывается ситуация с выражением «квантовое сознание», которое употребляется в дилетантских беседах. Согласно квантовой механике, суперпозиция превращается в конкретный результат как раз в процессе наблюдения, по крайней мере для любого отдельно взятого наблюдателя. Несложно извратить эту формулировку так, словно сознательное наблюдение в буквальном смысле порождает реальность.

Это предельно антикоперниковский ход, попытка вернуть человеку центральное место в нашей картине мироздания. Естественно, можно ощутить себя незаметным на фоне безбрежности космоса, и, пожалуй, вам претит слушать, что атомы вашего тела подчиняются обезличенным законам физики, а вам говорят: «Эй, не волнуйтесь — вы личности, и каждый из вас ежесекундно создаёт мир, просто рассматривая его». Сторонники такого подхода иногда могут ввернуть что-нибудь о «запутанности» — это явление также не тайна, а просто интересное свойство квантовой механики, — чтобы вы почувствовали собственную «связь» со всеми другими частичками Вселенной. На закуску вам могут сообщить, что квантовая механика вообще отменяет существование физического мира и оставляет нам лишь идеализм, где всё сущее есть просто проекция разума.

Ничто из того, что известно нам о физике, не свидетельствует об истинности таких воззрений. Хотя квантовая механика и таинственна, это всё-таки — во всех предложенных формулировках — обычная физическая теория, подчиняющаяся объективным законам, которые выражаются в виде уравнений. В частности, даже в тех интерпретациях, где волновая функция действительно коллапсирует в случае наблюдения за системой, сам наблюдатель никак не влияет на конечный результат измерения. Результат просто подчиняется правилу — правилу Борна, описывающему квантовые вероятности, согласно которому вероятность каждого результата равна квадрату значения волновой функции. Ничего потустороннего, ничего личного, ничего сугубо человеческого. Просто физика.

* * *

«Квантовое сознание» в такой дурной формулировке отличается от другой идеи, которая пусть и спекулятивна, но хотя бы разумна с физической точки зрения: квантовые процессы играют важную роль в функционировании мозга. В некоторой степени это утверждение является тривиально верным. Мозг состоит из частиц, представляющих собой вибрации квантового поля, и эти вибрации подчиняются законам квантовой механики. Однако нейрофизиология в основном исходит из

предположения, согласно которому важные процессы, происходящие в мозге, хорошо описываются аппроксимациями, взятыми из классической физики. Нам не требуется работать с волновыми функциями или запутанностью, чтобы запустить ракету к Луне, и кажется разумным, что эти явления не нужны и для того, чтобы разобраться в том, что происходит в мозге.

Мозг — тёплая влажная среда, а не холодный и выверенный лабораторный аппарат. Каждую частицу у вас в голове постоянно бомбардируют другие частицы, в результате чего возникает непрерывная череда «коллапсов» (или, как сказали бы бесстрашные эвереттовцы вроде меня, волновая функция постоянно ветвится). У частиц почти нет времени, чтобы зависнуть в суперпозиции, запутаться с другими частицами и т. д. Поддерживать квантовую когерентность в мозге, по-видимому, не проще, чем выстроить во дворе карточный домик во время урагана.

Тем не менее последние биологические открытия демонстрируют, что живые организмы действительно пользуются некоторыми квантовыми эффектами, выходящими за рамки классической физики. Так, при фотосинтезе передача энергии происходит с участием частиц, находящихся в квантовой суперпозиции. (Дарвиновская эволюция наткнулась на квантовую механику задолго до того, как её открыл человек.) Итак, нельзя чисто умозрительно отметать возможность того, что квантовые эффекты играют в мозге важную роль — нам придётся придерживаться обычной эмпирической байесовской процедуры, формулировать гипотезы и проверять их на материале имеющихся данных.

Физик Мэтью Фишер идентифицировал в мозге ряд очень специфичных квантовых объектов, которые могут запутываться друг с другом и оставаться в состоянии запутанности относительно долго; речь идёт о ядрах некоторых атомов фосфора, которые встречаются в субгруппах молекул АТФ и в других местах. В модели Фишера частота химических реакций с участием этих атомов зависит от того, обладают ли их ядра квантовой запутанностью с другими расположенными поблизости атомами фосфора. Итак, квантовая механика может играть самую непосредственную роль в функционировании мозга — возможно, она даже позволяет мозгу действовать в качестве «квантового компьютера». Либо нет — всё это новые спекулятивные идеи. Они напоминают нам, что не стоит делать скоропалительных заключений, обсуждая столь тонкую и сложную систему, как мозг.

Однако в большинстве случаев, когда людям случается задуматься о квантовых эффектах в мозге, их занимают не столь прозаические вещи, как

«вычислительная способность» мозга. Они стремятся сформулировать новую физику, которая позволила бы объяснить сознание.

Наиболее знаменитым сторонником такого подхода является Роджер Пенроуз, британский физик и математик, прославившийся своими работами, важными для современного понимания эйнштейновской общей теории относительности. Пенроуз — один из тех учёных, кто выдаёт блестящие идеи с такой же лёгкостью, с какой обычный человек стряхивает хлебные крошки с рубашки. Он уверен в том, что человеческому мозгу под силу такое, с чем компьютер не справится. Однако компьютер может смоделировать любой процесс, который возможен в соответствии с известными законами физики. Итак, требуется, чтобы при работе мозга проявлялись какие-то подлинно новые физические феномены, например какой-то особенный коллапс волновой функции.

Аргумент Пенроуза выверен и хитроумен, но в конечном счёте неубедителен для абсолютного большинства специалистов по физике, нейрофизиологии или сознанию. Пенроуз начинает своё доказательство с теоремы Гёделя о неполноте, прославившей австрийского логика Курта Гёделя. Рискуя чрезмерно упростить теорему о неполноте, постараюсь передать её суть. В любой непротиворечивой математической *формальной системе* — наборе аксиом и правил для вывода следствий из них — будут такие утверждения, которые верны, но не могут быть доказаны в рамках данной системы. (Основной приём Гёделя заключался в том, что он показал, как выразить посылку «Это утверждение не может быть доказано» в рамках любой достаточно мощной формальной системы. Либо это утверждение удаётся доказать и, следовательно, оно ложно, поскольку демонстрирует противоречивость вашей системы, либо его не удаётся доказать и, следовательно, оно истинно.) Компьютер, работающий на основе адекватного набора формальных правил, не сможет доказать такое утверждение.

Однако, продолжает Пенроуз, человек-математик без труда воспримет подобные утверждения как верные. Следовательно, процессы в мозге человека-математика должны выходить за рамки формальной математической системы. Непонятно, как человеку это удаётся в рамках известных законов физики.

В главе 24 обсуждался вопрос о том, что должен существовать изъян в столь смелом утверждении, что все законы физики, лежащие в основе повседневной жизни, уже полностью известны; причём наиболее вероятно, что может измениться наше представление о квантовых измерениях. У Пенроуза есть некоторые идеи относительно того, каковы могут оказаться

такие изменения, — так, они могут быть связаны с квантовой гравитацией и особыми структурами в мозге, которые называются микротрубочками. Но вся загвоздка в том, что волновые функции структур нашего мозга коллапсируют именно так, что человек обретает прозорливость и познавательные способности, недостижимые для компьютеров.

В данном случае можно высказать ряд возражений, и учёные с удовольствием уже много лет осыпают ими Пенроуза. Самые сильные возражения основаны на том, что сложно перейти от утверждения «Человеческое сознание работает не как формальная математическая система» к «Человеческий мозг не подчиняется известным законам физики». Так называемое мышление — это способ рассуждения об очень высокоуровневом эмерджентном феномене. Мышление может формироваться на основе абсолютно жёстких и логичных базовых процессов, которые, тем не менее, не обладают никакими свойствами мышления. Действительно, строгая логика (или даже возможность правильно перемножать большие числа) традиционно остаётся слабым местом человека. Наши мысли скачут, мы совершаем ошибки, полагаемся на чутьё. Тот факт, что мы можем делать выводы, к которым не может прийти формальная математическая система, не кажется таким уж удивительным.

В принципе теорема Гёделя о неполноте не *утверждает*, что всегда существуют истинные недоказуемые утверждения. Напротив, она постулирует, что такие утверждения имеются в любой *непротиворечивой* формальной системе. Как узнать, что определённый набор аксиом определяет непротиворечивую систему? Или — выражаясь иначе — как убедиться в том, что мы в самом деле «воспринимаем» истинность гёделевских самореферентных утверждений?

Как указывает Скотт Ааронсон, правильнее говорить, что мы *считаем* некоторые системы непротиворечивыми, хотя Гёдель продемонстрировал, что мы никогда не сможем этого доказать. Если мы позволяем компьютеру считать, что система непротиворечива, то он будет без труда доказывать утверждения вроде «Это утверждение недоказуемо». (Доказательство: если бы оно было доказуемо, то система была бы противоречива!) Ааронсон цитирует Алана Тьюринга: «Если мы хотим, чтобы машина была разумна, она при этом не сможет быть безотказна. Существуют теоремы, доказывающие именно это». Разумеется, люди соответствуют такому критерию разумности (они совершают ошибки).

С байесовской точки зрения тот факт, что человеческий мозг естественным образом чувствует истину, которую нельзя доказать при

помощи абсолютно строгой компьютерной программы, кажется далеко не столь убедительным, чтобы на его основе изменять наши наилучшие представления о квантовой механике. Прежде всего это связано с тем, что цели, с которыми вносятся такие модификации, непосредственно не связаны с тайнами самой квантовой механики — речь идёт только о попытках объяснить прозорливость и чудесные когнитивные способности человеческого мозга. В конце концов, способность мозга улавливать истинность недоказуемых утверждений ничуть не помогает нам понять Сложную Проблему, связанную с внутренним ментальным опытом. Если Сложная Проблема кажется вам трудной, то квантовая механика вряд ли поможет вам с ней справиться; если вам кажется, что не всё так плохо, то, пожалуй, вы не стремитесь переписывать законы физики ради понимания устройства мозга.

Глава 43
Что на что воздействует?

Идея о том, что все мы — часть естественного мира, может вызывать чувство глубокой утраты, если причины и следствия наших действий не такие, как мы привыкли думать. Вот что тревожит: мы не люди, наделённые намерениями и целями, а мешки элементарных частиц, которые тупо сталкиваются друг с другом, пока время течёт и течёт. Нас удерживает вместе не любовь, а законы физики. Сформулировать подобное беспокойство по-своему смог философ Джерри Фодор:

Если не истинно в буквальном смысле слова, что моё желание каузально ответственно за мои действия, мой зуд каузально ответствен за моё почёсывание, а моё верование каузально ответственно за мои слова... если ничто из сказанного не является истинным, тогда практически всё, во что я верю на этом свете, является ложным, и это означает конец мира.

Не волнуйтесь! Это не конец.

Мы живём в реальности, о которой можно плодотворно рассуждать разными способами. Мы располагаем богатейшим набором теорий, моделей, словарей, сюжетов, как бы вы их ни называли. Говоря о человеке, мы можем описывать его как личность со своими желаниями и наклонностями, с внутренними ментальными состояниями. Можем описывать его как совокупность живых клеток, взаимодействующих при помощи электрохимических сигналов, или как множество элементарных частиц, подчиняющихся законам Базовой теории. Вопрос в том, каким образом сочетаются эти разные описания. В частности, что на что воздействует? Язык физики частиц не содержит никакой «каузальности» — означает ли это, что неправомерно говорить об обусловленности почёсывания зудом?

С точки зрения поэтического натурализма любая из этих историй может служить описанием реальности и у каждой из них есть свои сильные и слабые стороны. Чтобы оценить модель мира, мы должны задавать, в частности, такие вопросы: «Обладает ли она внутренней непротиворечивостью?», «Хорошо ли она определена?» и «Согласуется ли она с данными?». Когда у нас есть множество разных теорий, которые на том или ином уровне перекрываются друг с другом, они должны довольно хорошо согласовываться друг с другом, иначе при этом они не могли бы одновременно соответствовать данным. Эти теории могут включать

принципиально разные концепции: в одной могут учитываться частицы и взаимодействия, подчиняющиеся дифференциальным уравнениям, а в другой — люди, делающие выбор. Это хорошо, пока теории позволяют давать надёжные прогнозы в той области применения, где они перекрываются друг с другом. Успешность одной теории не означает, что другая теория ошибочна; теория ошибочна лишь в тех случаях, когда она внутренне противоречива либо плохо описывает наблюдаемые явления.

Если вы разрабатываете теорию человеческого мышления и поведения в контексте нервных сигналов или взаимодействующих частиц, это никоим образом не означает, что вы хотите решить задачу неподходящими средствами. Теория, учитывающая желания и интенциональность, без проблем может оказаться «верна», если прогнозы этой теории согласуются с прогнозами других успешных теорий.

Возможно, что под «истинностью в буквальном смысле слова» Фодор понимает нечто вроде «существенной составляющей любого возможного описания природы» или, пожалуй, «нашего наилучшего и наиболее исчерпывающего описания природы». Иными словами, не может быть успешного дискурса, который бы не содержал таких фундаментальных концепций, как «желание» и «верование». В данном случае о буквальной истинности речь не идёт — физическое и биологическое описание человека совершенно адекватны каждое в своём контексте, но в них отсутствуют концепции желания и верования.

Однако в данном случае мы сталкиваемся с излишне строгим ограничением по признаку «истинность в буквальном смысле». Термодинамическое и флюидное описания воздуха не перестали быть истинными после того, как мы открыли атомы и молекулы. Оба способа рассуждения верны. Аналогично человеческие мысли и намерения не упраздняются от того, что мы подчиняемся законам физики.

* * *

По-видимому, проблема ещё сложнее, так как в мире, описываемом множеством разных, но взаимно совместимых теорий, просматривается понятная тенденция: смешивать концепции из разных дискурсов и преступать границы, существующие между разными способами рассуждения.

Вместо того чтобы признать, что о мире можно рассуждать в контексте квантовых полей и взаимодействий, описываемых Базовой теорией, а ещё в контексте электрохимических сигналов, которыми обмениваются клетки, а ещё в контексте людей-агентов, обладающих желаниями и ментальными состояниями, мы ведёмся на одновременное использование нескольких

дискурсов. Когда говоришь, что любое ментальное состояние соответствует различным физическим состояниям человеческого мозга, тебя могут упрекнуть: «Вы что, действительно думаете, что я почёсываюсь только из-за обмена сигналами между какими-то синапсами, а не потому, что чувствую зуд?». Такая жалоба неуместна. Можно описать происходящее на уровне электрохимических сигналов, срабатывающих в вашей центральной нервной системе, *или* на уровне ментальных состояний и действий, которые ими обусловлены; просто не надо попадать впросак, начиная утверждение на одном языке и пытаясь закончить его на другом.

Один из наиболее распространённых аргументов против картезианского дуализма (согласно которому ментальные свойства могут влиять на физические) — это *каузальная замкнутость физического*. Законы физики в том виде, как мы их знаем, — нас интересует предметная область Базовой теории — полны и самодостаточны. Дайте мне квантовое состояние системы — и я выведу однозначные уравнения, демонстрирующие, что с ней произойдёт дальше. Одно из таких уравнений приводится в приложении. Нет никакой двусмысленности, никаких таинственных поправочных коэффициентов, никакой возможности иначе интерпретировать происходящее. Если вы приведёте мне точное и полное описание квантового состояния «человека, испытывающего зуд», а у меня будут вычислительные способности, как у демона Лапласа, то я с исключительной точностью смогу спрогнозировать, что на смену этому квантовому состоянию придёт новое, соответствующее «человек почёсывается». Никакой дополнительной информации не требуется и не допускается.

* * *

В главе 13 мы обсудили идею «сильной эмерджентности», согласно которой поведение системы, состоящей из многих частей, несводимо к совокупному поведению всех этих частей. Родственная идея называется *«нисходящая причинность»*: на самом деле поведение частей обусловлено состоянием целого, причём таким образом, что это поведение нельзя объяснить воздействием самих частей.

Поэтические натуралисты обычно рассматривают нисходящую причинность как глубоко ошибочную идею. Добавлю, что восходящая причинность кажется нам столь же ошибочной. «Причинность», которая в конце концов является производным понятием, а не фундаментальным, лучше рассматривать как внутреннее свойство отдельных теорий, но не опираться на эту концепцию. Считать, что поведение в рамках одной теории *обусловливает* поведение в рамках совершенно иной теории — это

первый шаг к трясине заблуждений, из которой потом будет не выбраться.

Конечно же, возможно, что поведение в рамках огрублённой макроскопической теории *вызывается* теми или иными свойствами более полных теорий, и при таком наложении описаний мы, разумеется, хотим, чтобы эта макроскопическая теория *согласовывалась* с другими теориями. Будучи достаточно осторожными, мы даже можем сказать, что свойства базовой теории помогают *объяснить* свойства эмерджентной. Но у нас начнутся проблемы, если мы попытаемся утверждать, что феномены из одной теории *обусловлены* феноменами из другой. Я знаю, что мои ментальные свойства не позволяют мне дистанционно сгибать ложечки, поскольку поля и взаимодействия, описываемые Базовой теорией, не допускают такой возможности. Однако я могу описать такое свойство на чисто макроскопическом языке: человек не обладает способностями телекинеза. Микроскопическое объяснение, возможно, позволит мне лучше разобраться в проблеме, но мне необязательно говорить о нём, рассуждая о явлениях, «соизмеримых с человеком».

Верно и обратное: ошибочно искать нисходящую причинность, при которой человеческие свойства могут влиять на микроскопическое поведение частиц. Типичный пример — формирование снежинок. Снежинки состоят из молекул воды, взаимодействующих с другими молекулами и образующих кристаллическую структуру. Существует множество вариантов такой структуры, зависящих от исходной конфигурации того ядра, из которого вырастает снежинка. Следовательно, заявляют некоторые, макроскопическая форма снежинки по принципу нисходящей причинности задаёт точное местоположение отдельных молекул воды.

Это тяжёлый случай смешивания разных дискурсов. Молекулы воды взаимодействуют с другими молекулами воды, а также с молекулами воздуха, причём это происходит в точном соответствии с законами атомной физики. Такие законы однозначны: вы сообщаете мне, с какими ещё молекулами взаимодействует конкретная молекула воды, и в соответствии с законами физики я в точности определяю, что произойдёт дальше. Интересующие нас молекулы могут входить в состав более крупной кристаллической структуры, но эти знания совершенно несущественны при изучении свойств рассматриваемой молекулы. Конечно, важна та среда, в которой находится молекула, но среду можно без труда описать в терминах её собственной молекулярной структуры. Отдельная молекула «понятия не имеет», что входит в состав снежинки, причём её это абсолютно не касается.

Нечто вроде нисходящей причинности в принципе возможно, пусть даже в реальной Вселенной ничего подобного не наблюдается. Можно вообразить себе такой мир, в котором электроны и атомы подчинялись бы законам Базовой теории, когда частиц очень мало, но на более крупные совокупности частиц (например, на человека) распространялись бы другие законы. Даже в таком случае было бы правильно говорить о ситуации не «крупная структура влияет на мелкие частицы», а «мы неверно понимали те законы, которым подчиняются частицы». Иными словами, мы могли бы открыть, что область применения Базовой теории более узкая, чем нам казалось. Мы не располагаем никакими доказательствами в пользу подобных выкладок, причём если бы такие доказательства нашлись, то они противоречили бы всему, что мы знаем об эффективных квантовых теориях поля, — но возможно многое.

Так получается, что наш способ рассуждения о людях и их контактах уступает по точности нашим теориям элементарных частиц. Возможно, было бы безвредно и даже полезно заимствовать из одного дискурса такие термины, которые могут пригодиться в другом. Наиболее известный пример — «болезни вызываются микроскопическими спорами». Прослеживание взаимосвязей между различными дискурсами, как в случае, когда Больцман предположил, что энтропия газа зависит от числа неразличимых вариантов расположения его молекул, может быть исключительно ценным и наводить нас на важные догадки. Однако, если теория чего-то стоит, она должна позволять разумно рассуждать о тех феноменах, которые призвана описывать, причём самостоятельно, без отсылки к причинам, обусловленным иными теориями с другим уровнем приближения.

Ментальные состояния — это способ рассуждения об определённых физических состояниях. Говорить, что ментальное состояние обусловливает физический эффект, столь же оправданно, как и утверждать, что любая макроскопическая ситуация служит причиной некоторого макроскопического физического явления. Вполне допустимо объяснять почёсывание тем, что существует зуд; просто эту ситуацию вполне можно описать несколькими способами.

Глава 44
Свобода выбора

Стоит нам увидеть, как ментальные состояния могут давать физические эффекты, как возникает вопрос: «Кто отвечает за эти ментальные состояния?». Совершаю ли выбор я сам, то есть моё эмерджентное «я»? Или я просто марионетка, и мои движения обусловлены взаимодействиями моих атомов, подчиняющихся законам физики? В конце концов, есть ли у меня свободная воля?

В некотором смысле мы обладаем свободной волей. В некотором смысле мы свободной волей не обладаем. Какой смысл «правилен» — предлагаю вам решить самостоятельно (если вы считаете, что обладаете способностью принимать решения).

Типичный аргумент против свободной воли достаточно прост: все мы состоим из атомов, эти атомы подчиняются закономерностям, которые мы именуем законами физики. Эти законы позволяют полностью описать эволюцию системы, причём на атомном уровне это описание совершенно не зависит от каких-либо внешних воздействий. Если информация сохраняется с течением времени, то всё будущее Вселенной уже написано, пусть мы его пока и не знаем. Квантовая механика прогнозирует будущее не с определённостью, а с той или иной вероятностью, но сами по себе эти вероятности абсолютно фиксируются актуальным состоянием Вселенной. Квантовый демон Лапласа мог бы с уверенностью сказать, какова вероятность любой версии истории будущего, причём никакая человеческая воля не могла бы изменить эту вероятность. Не остаётся места для человеческого выбора, а значит, не существует и свободной воли. Мы — просто материальные объекты, подчиняющиеся законам природы.

Несложно заметить, где этот аргумент нарушает наши правила. Разумеется, не существует феномена «свободная воля», когда мы берёмся описывать человека как совокупность атомов или как квантовую волновую функцию. Однако в данном случае мы не узнаем, играет ли всё-таки данная концепция полезную роль, когда мы описываем человека именно как человека. Вполне очевидно — да, играет. Даже самые закоренелые противники свободной воли постоянно говорят о случаях из повседневной жизни, когда выбор приходится совершать им или другим людям, хотя впоследствии и пытаются преуменьшить их значение, оговариваясь: «Хотя, конечно, выбор как концепция на самом деле не существует».

Тем не менее выбор как концепция существует, и без этого было бы по-настоящему сложно описать человека. Допустим, вы старшеклассник, желающий учиться дальше, и вас приглашают в несколько университетов. Вы смотрите сайты этих университетов, ездите по кампусам, говорите со студентами и преподавателями каждого университета. Затем выбираете один вуз из многих. Каким образом удобнее всего описать такое событие, которое произошло в макромире? Это описание неизбежно будет включать формулировки вроде «вы сделали выбор» с упоминанием причин этого выбора. Если бы вы были примитивным роботом или генератором случайных чисел, то, возможно, другой способ рассуждения был бы лучше. Но при рассуждении о людях было бы натянуто и контрпродуктивно отказываться от дискурса, учитывающего выбор, независимо от того, насколько хорошо мы понимаем законы физики. В философской литературе такая позиция называется *компатибилизм*, она связана с совместимостью базовых детерминистских (или как минимум обезличенных) научных описаний с макроскопическим дискурсом, учитывающим выбор и волю. Компатибилизм, основы которого заложил ещё Джон Локк в XVII веке, — это наиболее популярный подход к свободной воле среди философов-профессионалов.

С такой точки зрения скептики, сомневающиеся в наличии свободной воли, допускают следующую ошибку: они небрежно смешивают несочетаемые дискурсы. Вы выходите утром из душа, идёте к шкафу и размышляете, какую рубашку надеть: чёрную или синюю? Это решение, которое вам необходимо принять, и вы не можете просто взять и сказать: «Я совершу действие, которое так или иначе детерминировано атомами моего организма». Атомы будут вести себя как обычно, но вы не знаете, как именно, поэтому их свойства абсолютно нерелевантны для того решения, которое вам придётся принять. Сформулировав вопрос на уровне «вы» и «ваш выбор», *нельзя* в той же ситуации заговаривать об атомах и законах физики. Оба упомянутых дискурса можно использовать, но смешивать их — нонсенс.

* * *

Вероятно, вы готовы признать, что океаны и температура реальны, пусть они и ни разу не упоминаются среди основных составляющих Базовой теории. Однако вы уже не столь охотно будете придерживаться подобной логики, рассуждая о свободной воле. В конце концов, способность совершать выбор — не просто макроскопическая совокупность множества микроскопических элементов; это принципиально иной феномен. Если он отсутствует в нашем наилучшем исчерпывающем

описании природы, почему полезно учитывать его в макроскопическом «человеческом» дискурсе?

Ответ связан со стрелой времени. В главе 8 мы говорили о нашем эпистемическом доступе к прошлому — воспоминаниях, а также о том, что не имеем такого доступа к будущему. Дело в том, что существует особое ограничивающее условие — Гипотеза прошлого, согласно которой сразу после Большого взрыва энтропия была очень низкой. Это важнейшая информация о прошлом, позволяющая нам фиксировать прошлое таким способом, который неприменим к будущему. Темпоральная асимметрия обусловлена распределением материи во Вселенной в макромасштабе; аналога такой асимметрии нет в самой Базовой теории.

Свойства текущего момента значительно влияют на наши знания о прошлом и будущем, причём роль этого влияния сложно переоценить. Когда какое-либо свойство настоящего подразумевает (с учётом Гипотезы прошлого и при прочих равных условиях) ту или иную информацию о прошлом — это воспоминания; когда свойство настоящего что-либо подразумевает о будущем — это причина какого-либо эффекта, который совершится в будущем. Небольшие различия в состоянии человеческого мозга, соотносимые с различными действиями тела, обычно лишь пренебрежимо коррелируют с состоянием Вселенной в прошлом, но могут значительно влиять на те или иные варианты развития событий в будущем. Вот почему в наилучшем макроскопическом описании мира прошлое и будущее трактуются настолько по-разному. Мы помним прошлое, а наш выбор влияет на будущее.

Демон Лапласа не различает такого дисбаланса; он совершенно чётко видит всю историю мира. Но никто из нас — не демон Лапласа. Никому не известно точное состояние Вселенной, а если бы оно и было известно, то у нас не было бы необходимых для прогнозирования вычислительных способностей. Неизбежная реальность неполноты наших знаний и есть та причина, по которой удобнее рассуждать о будущем, упоминая выбор и обусловленность.

Популярное определение свободной воли формулируется как «способность поступить иначе». Можно утверждать, что в мире, подчиняющемся объективным законам, такой возможности не существует. Будущее определяется законами физики и проистекает из квантового состояния элементарных частиц, слагающих меня и окружающую среду. Однако в реальном мире мы не знаем такого квантового состояния. У нас есть неполная информация: примерные данные о конфигурации наших тел и некоторые представления о ментальных состояниях. Если мы

располагаем только неполной информацией — а другой у нас нет, — вполне понятно, почему мы всегда можем поступить иначе.

* * *

Тут скептики, сомневающиеся в наличии свободной воли, могли бы нам возразить, что отстаиваемый здесь тезис не имеет со свободной волей ничего общего. Мы просто переопределяем эту концепцию, вкладывая в неё совершенно иной смысл, возможно, потому что попросту трусливо отказываемся признавать безрадостную реальность мёртвого космоса.

Меня совершенно не смущает безрадостная реальность мёртвого космоса. Но важно исследовать наиболее точные и полезные способы рассуждения о мире на всех релевантных уровнях.

Честно говоря, некоторые определения «свободной воли» решительно выходят за рамки, приемлемые для поэтического натуралиста. Существует так называемая либертарианская свобода. Она не имеет ничего общего с политической идеей либертарианства и свободных рынков. Нет, согласно такой позиции человеческая деятельность привносит во Вселенную фактор неопределённости; люди не подчиняются объективным законам физики, а обладают выраженной способностью самостоятельно определять своё будущее. Этот факт отрицает возможность существования какого-либо демона Лапласа, который мог бы знать всё о будущем ещё до того, как оно наступит.

Нет причин считать, что либертарианская свобода действительно является элементом реального мира. Прямых доказательств такой точки зрения не существует, и она противоречит всему, что нам известно о законах природы. Чтобы либертарианская свобода воплотилась в реальности, человек должен был бы преодолевать законы физики одной силой мысли.

Поэтический натуралист считает, что у нас есть два очень разных способа описания мира: физический и человеческий. Эти описания связаны с разными наборами концепций, но всё-таки их прогнозы о событиях, происходящих в мире, согласуются друг с другом. Либертарианец считает, что верный способ рассуждения о человеке приводит к таким прогнозам, которые *несовместимы* с известными законами физики. Нет необходимости столь радикально корёжить наши представления о реальности лишь для того, чтобы примириться с фактом, что в повседневной жизни мы то и дело совершаем выбор.

В 1980-е годы физиолог Бенджамин Либет поставил знаменитый эксперимент: он измерял активность мозга у людей, собиравшихся двинуть рукой. Кроме того, добровольцы смотрели на часы и могли в точности

сказать, когда именно приняли решение двигаться. Результаты экспериментов, по-видимому, свидетельствовали о том, что перед тем, как испытуемый осознавал своё решение, в мозге наблюдался характерный всплеск активности. Сформулирую острее: по-видимому, какая-то часть мозга уже успевала принять решение до того, как об этом догадывался сам человек.

Эксперимент Либета и разнообразные последующие эксперименты были восприняты противоречиво. Некоторые считают, что эти эксперименты доказывают отсутствие свободной воли, поскольку наше сознание, очевидно, немного запаздывает по отношению к принятию решений. Другие сомневались в технической части эксперимента: на самом ли деле тот сигнал, который измерял Либет, соответствовал принятию решения, а также насколько точно испытуемые указывали момент, в который было принято их решение.

Если вы признаете, что мир в основе своей является физическим, то ничто из экспериментов Либета или его последователей не должно существенно повлиять на ваши представления о свободной воле. Вы бы и так не поверили в либертарианскую свободную волю, а эти эксперименты никак не влияют на чье-либо отношение к компатибилизму. Мозг — запутанное место, в глубине мозга постоянно функционируют многочисленные мелкие подсистемы, лишь иногда попадающие в зону сознательного внимания. Бесспорно, иногда мы принимаем решения неосознанно, например, когда управляем машиной или поворачиваемся на бок во сне. Также бесспорно, что другие решения, например написать книгу или включить в эту книгу обсуждение нисходящей причинности, по сути своей являются сознательными. Существуют увлекательные развёрнутые вопросы о том, как именно работает наш мозг, и эти вопросы заслуживают внимания, но ни один из них не меняет основной истины: все мы — совокупности элементарных частиц, взаимодействующих в соответствии с законами Базовой теории. При этом о нас вполне можно рассуждать как о людях, принимающих решения.

* * *

Если вы согласны с универсальной применимостью законов природы и, следовательно, отрицаете наличие либертарианской свободы, то спор между сторонниками и противниками компатибилизма может показаться несколько скучным. В принципе мы одинаково воспринимаем происходящее: элементарные частицы подчиняются законам физики, а в макромасштабе человек делает выбор — поэтому вопрос о том, собираемся ли мы называть такой выбор «свободной волей», не кажется

первостепенным.

Эта проблема перестаёт быть чисто академической, когда мы сталкиваемся с феноменами вины и ответственности. Наше законодательство, во многом помогающее нам сориентироваться в социуме, зиждется на идее о том, что человек в целом отвечает за свои действия. Крайняя степень отрицания свободной воли, идея «ответственности», не менее проблематична, чем идея свободной воли. Как мы можем доверять людям или обвинять их, если они не властны над собственными действиями? А если не можем, то какова роль наказания или вознаграждения?

Поэтические натуралисты и другие сторонники компатибилизма не сталкиваются с такими вопросами, поскольку признают реальность человеческих желаний и, следовательно, без труда приписывают человеку ответственность или вину. Однако бывают и не столь однозначные случаи.

Мы считаем реальной собственную способность делать выбор, поскольку такие представления наилучшим образом описывают то, что нам известно о макромире. Однако в некоторых случаях кажется, что мы лишены такой способности, или она, по крайней мере, притупляется. Хорошо известен случай анонимного пациента из Техаса, у которого возникла опухоль мозга после операции, сделанной ради облегчения эпилепсии. После образования опухоли у пациента появились признаки синдрома Клювера–Буси. Эта болезнь бывает у макак-резусов, но очень редко поражает людей. Среди её симптомов — гиперфагия (чрезмерный аппетит и прожорливость) и гиперсексуальность, в том числе компульсивная мастурбация.

В конце концов пациент стал скачивать из Интернета детское порно, за что его и арестовали. На суде нейрохирург Оррин Девински свидетельствовал, что на самом деле пациент не контролировал своих действий, поскольку был лишён свободной воли. С точки зрения Девински, его тяга к скачиванию порнографии полностью объяснялась эффектами хирургического вмешательства и совершенно не контролировалась пациентом. Суд не согласился и признал мужчину виновным, хотя тот и получил относительно мягкий приговор. Один из аргументов против подсудимого заключался в том, что на работе ему удавалось воздерживаться от просмотра порнографии, то есть он в некоторой степени контролировал свои действия.

В данном случае важно не то, в какой степени конкретный пациент утратил способность к осознанному выбору, а сам факт, что такое возможно. Вопрос о том, как это может отразиться на наших

представлениях о личной ответственности, — не академический, а реальный и насущный.

Если наша вера в свободную волю основана на идее о том, что «действующее лицо, совершающее выбор», является элементом наилучшей теории человеческого поведения, которая у нас есть, то существование более исчерпывающего представления, обладающего большей прогностической силой, могло бы подорвать эту веру. Учитывая, как быстро совершенствуется нейрофизиология, прогнозирующая наши действия без отсылки к нашим желаниям, будет всё менее приемлемо считать людей самостоятельными агентами, обладающими свободной волей. Предопределение постепенно превратится в категорию реального мира.

Однако такое кажется маловероятным. Большинство людей сохраняют определённую самостоятельность и свободную волю, не говоря уж о сложности когнитивных функций, из-за чего практически невозможно спрогнозировать человеческие поступки. Существуют пограничные области — так, очевидное угнетение человеческой воли происходит при наркозависимости, а ведь есть ещё и опухоли, и травмы мозга. Основы этой научной дисциплины ещё далеко не устоялись, множество важных исследований только предстоит провести. Однако представляется несомненным, что наши идеи о личной ответственности должны основываться на максимально полных представлениях о работе мозга, каких мы только можем достичь, и мы должны быть готовы уточнить эти идеи, как только этого потребуют новые данные.

Часть VI
Забота

Глава 45
Три миллиарда сердцебиений

Карл Саган, познакомивший множество людей с чудесами космоса, умер в 1996 году. В 2003 году на одном мероприятии вопрос о Сагане задали Энн Друян, его жене. Её ответ стоит процитировать полностью:

Когда мой муж умер, то, поскольку он был знаменит и известен своим отсутствием религиозности, люди стали подходить ко мне — они порой приходят и теперь — и спрашивать, изменился ли Карл в конце и стал ли верить в загробную жизнь. Также меня часто спрашивают, думаю ли я, что когда-нибудь увижу его снова.

Карл встретил смерть с бестрепетной отвагой и никогда не искал убежища в иллюзиях. Трагедия в том, что мы знали: нам никогда больше не увидеть друг друга. Я не надеюсь на воссоединение с ним. Но вот что прекрасно: всё время, что мы были вместе, почти двадцать лет, мы жили, ярко осознавая, как коротка и драгоценна жизнь, и ценили её. Мы никогда не умаляли значение смерти притворством, будто она не вечная разлука, а что-то иное.

Каждое мгновение, что мы жили и были вместе, было чудом — но не необъяснимым или сверхъестественным. Мы знали, что нам выпала счастливая случайность... Что чистая случайность может быть настолько щедра и добра... Что мы смогли найти друг друга, вы знаете, это так красиво описал Карл в «Космосе» — среди громадного космоса и безбрежного времени... Что мы смогли быть вместе на протяжении двадцати лет. Вот то, что поддерживает меня, и в этом гораздо больше смысла...

То, как он относился ко мне и как я относилась к нему, то, как мы заботились друг о друге и о нашей семье, пока он был жив. Это гораздо более важно, чем идея, будто мы однажды снова увидимся. Думаю, я никогда больше не встречу Карла. Но я встретила его. Мы встретились друг с другом. Мы нашли друг друга в космосе, и это было прекрасно.

Немного найдётся столь важных проблем, как вопрос о том, продолжается ли наше существование после смерти. Я верю в натурализм не потому, что его истинность мне импонирует, а потому, что он, на мой взгляд, наиболее точно описывает наблюдаемый мир. Следствия натурализма во многом жизнеутверждающие и раскрепощающие, но отсутствие посмертной жизни оптимизма не внушает. Было бы здорово

каким-то образом жить и дальше, при условии, что моё дальнейшее бытие будет относительно приятным и меня не будут терзать мерзкие демоны. Я не претендую на вечность, но, пожалуй, мог бы с интересом провести ещё несколько сотен тысяч лет. Как ни жаль, факты не оправдывают таких ожиданий.

Стремление продолжать жить после того, как закончится наш естественный срок, — часть более глубокого человеческого порыва: надежд, чаяний, что наша жизнь что-то значит, что у неё вообще есть цель. Феномен «причин» зачастую полезен при описании человеческого макромира, но, пожалуй, неприменим в рассуждениях о происхождении Вселенной или о природе законов физики. Применим ли он при рассуждении о жизни? Есть ли причины тому, что мы здесь оказались, причины, по которым всё происходит именно так, а не иначе?

Нужна смелость, чтобы признать, что наша жизнь конечна, и ещё большая смелость, чтобы признать пределы того смысла, который может быть в нашем существовании. Наиболее красноречивая часть размышлений Друян — это не признание того, что она больше не встретится с Карлом, а уверенные слова о том, что они с Карлом встретились по чистой случайности.

Наша конечная жизнь напоминает нам, что человек — часть природы, а не отделён от неё. Физик Джеффри Уэст изучал ряд замечательных *законов масштабирования*, которые прослеживаются в разнообразных сложных системах. Это закономерности, описывающие, как одно свойство системы реагирует на изменение другого свойства. Например, у млекопитающих ожидаемая продолжительность жизни вычисляется как средняя масса особи в степени ¼. Это означает, что если первое животное в шестнадцать раз массивнее второго, то оно проживёт вдвое дольше, чем второе. В то же время интервал между ударами сердца у млекопитающих также масштабируется по принципу «масса тела в степени ¼». В результате два эффекта компенсируют друг друга, и число сердцебиений в течение жизни у всех млекопитающих получается примерно одинаковым — около 1,5 миллиарда раз.

Сердце обычного человека бьётся с частотой от шестидесяти до ста ударов в минуту. В современном мире мы располагаем продвинутой медициной и качественным питанием, поэтому человеческая жизнь длится примерно вдвое дольше, чем позволяют предположить уэстовские законы масштабирования. Допустим, что это три миллиарда сердцебиений.

Три миллиарда — не такое уж большое число. Как вы распорядитесь этими сердцебиениями?

* * *

Такие идеи, как «смысл», «мораль» и «цель», абсолютно не фигурируют в Базовой теории квантовых полей — физической модели, лежащей в основе нашей повседневной жизни. Нет в этой теории ни «ванн», ни «романов», ни «правил баскетбола». Однако это не отменяет реальности перечисленных феноменов — каждый из них играет существенную роль в успешной высокоуровневой эмерджентной теории мира. То же касается смысла, морали и цели. Они не встроены в архитектуру Вселенной, а возникают как способы рассуждения об окружающей человека среде.

Однако есть разница: поиск смысла — это не очередная научная дисциплина. Наука стремится описать мир максимально точно и эффективно. Поиск лучшей жизни не таков: он связан с оценкой мира, суждением о существующих и возможных вещах. Мы хотим иметь возможность указывать на различные возможные события и говорить: «К этому следует стремиться» или «Так нам следует поступать». Наука практически индифферентна к таким суждениям.

Истоки таких ценностей лежат не в окружающем мире, а внутри нас. Мы — часть мира, но уже знаем, что лучше всего рассуждать о нас как о мыслящих целеустремлённых действующих лицах, способных делать выбор. В частности, нам неизбежно приходится выбирать, какую жизнь вести.

Мы не привыкли мыслить таким образом. Бытовая онтология трактует смысл как нечто принципиально отличное от физического наполнения мира. Смысл может быть ниспослан Богом или неотделим от духовного измерения жизни, или являться элементом телеологической составляющей самой Вселенной либо частью невыразимого, трансцендентного аспекта реальности. Поэтический натурализм отрицает все подобные возможности и требует, чтобы мы сделали драматический шаг: стали рассматривать смысл аналогично другим концепциям, изобретённым человеком для рассуждения о Вселенной.

* * *

Рик Уоррен открывает свою книгу-бестселлер «Целеустремлённая жизнь» простым предупреждением: «Всё дело совсем не в вас». Может показаться странным, что книга, к которой столь многие люди обратились за успокоением и советами, начинается с такой приглушённой ноты. Но Уоррен апеллирует к совершенно конкретному человеческому чувству: ощущению, что тебя одолевают жизненные проблемы. Он предлагает читателю простой выход: оказывается, всё дело не в вас, а в Боге.

Необязательно соглашаться с теологией Уоррена, чтобы прочувствовать этот импульс. Дело может быть не только в нас, но и в чём-то другом: мы можем иметь духовные склонности, но не принадлежать к традиционной церкви, можем чувствовать глубокую связь со своей культурой, нацией или семьёй или верить в объективные трактовки смысла, имеющие научную основу. Любая подобная стратегия может одновременно оказаться и вызовом (в том смысле, что будет нелегко жить по задаваемым ею стандартам), и успокоением, поскольку она, по крайней мере, задаёт стандарты.

Поэтический натурализм не предлагает такого избавления от необходимости подходить к жизни творчески и по-своему. Дело в вас: то есть в вас, во мне и в любом другом человеке, который сам должен создать для себя смысл жизни и её цель. Такая перспектива может быть страшной, если не сказать опустошающей. Мы можем решить, что хотим посвятить себя чему-то большему, но такое решение исходит от нас.

После пришествия натурализма изменилась та точка отсчёта, с которой большинство из нас начинало осмысливать своё место во Вселенной. Мы подобны Уайлу Койоту и только что взглянули вниз. Нам нужна твёрдая почва под ногами, либо придётся научиться летать.

* * *

Идея о том, что нам самим приходится самостоятельно формулировать смысл своей жизни, вызывает закономерное беспокойство сразу в двух отношениях.

Во-первых, а не жульничество ли это. Может быть, мы занимаемся самообманом, думая, что наша жизнь станет полноценной, как только мы признаем себя частью физического мира, совокупностями элементарных частиц, подчиняющихся законам физики. Разумеется, вы можете *сказать*, что ведёте насыщенную и плодотворную жизнь, посвящая себя семье, друзьям, отдаваясь своей профессии, работая ради того, чтобы мир стал лучше. Но так ли это *на самом деле*? Если ценность, которую мы придаём таким вещам, объективно не определена и если через сто с чем-то лет вас уже не будет, чтобы оценить какие-либо результаты вашей жизни, то как можно утверждать, что ваша жизнь действительно что-то значит?

Это просто брюзжание. Допустим, вы искренне и страстно кого-то любите. Предположим, вы также верите в высшую духовную власть и считаете, что ваша любовь — проявление этой великой священной силы. Но вы также честный байесовец и готовы уточнять субъективные вероятности исходя из фактов. Так или иначе с течением времени у вас накапливается критическая масса новой информации, под влиянием

которой планета ваших убеждений превращается из духовной в натуралистическую. Вы утратили то, что считали источником своей любви, — потеряете ли вы при этом и саму любовь? Обязаны ли вы теперь думать, что та любовь, которую вы ощущали, стала в некоторой степени неправильной?

Нет. Ваша любовь никуда не исчезла, она так же чиста и верна, как ранее. Теперь вы будете иначе объяснять ваши чувства, поскольку изменился ваш базовый онтологический лексикон, но вы по-прежнему любите. Вода не перестаёт быть мокрой, когда вы узнаёте, что она состоит из водорода и кислорода.

То же касается целей, смысла, чувства правильного и неправильного. Если вы стремитесь помогать тем, кому повезло меньше, чем вам, то неважно, что именно вас мотивирует: вера в то, что такова воля Божья, либо личное убеждение, что так поступать правильно. Ваши ценности при этом не становятся менее реальны.

* * *

Вторая проблема при самостоятельном формулировании смысла — в том, что не знаешь, с чего начать. Если ни Бог, ни Вселенная не помогут нам придать значимости собственным действиям, то весь проект кажется подозрительно необоснованным.

Однако исходная точка есть, она — мы сами. Мы, живые и мыслящие существа, появились благодаря движению и мотивации. На базовом биологическом уровне нас формируют не атомы, из которых мы состоим, а динамические закономерности, которым мы следуем, живя в этом мире. Самая важная черта жизни заключается в том, что она возникает из равновесия под действием второго закона термодинамики. Чтобы жить, мы должны постоянно двигаться, обрабатывать информацию и взаимодействовать с окружающей средой.

На человеческом уровне динамическая природа жизни проявляется в виде *желаний*. Мы всегда чего-то хотим, даже если хотим освободиться от пут желаний. Это нежизнеспособная цель: чтобы оставаться в живых, мы должны есть, пить, дышать, поддерживать обмен веществ и в принципе удерживаться на гребне волны возрастающей энтропии.

В некоторых кругах желания порицаются, но это несправедливое осуждение. Любопытство — тоже желание, равно как и отзывчивость и художественный порыв. Желание — это один из аспектов *заботы*: о себе самих, о других людях, о том, что происходит с миром.

Люди — не бездушные камни, принимающие происходящее вокруг со спокойным безразличием. Разные люди могут проявлять заботу сильнее

или слабее, причём делать это по-своему, но забота как таковая присуща всем. Забота может вызывать восхищение, когда человек старается ради всеобщего благополучия, либо быть чисто эгоистичной и корыстной. Но люди всегда познаются по тому, что их заботит: энтузиазм, склонности, страсти, надежды.

Когда наша жизнь складывается благополучно, мы здоровы и живём в своё удовольствие, что мы делаем? Мы играем. Как только удовлетворяются наши базовые потребности в еде и крыше над головой, мы сразу же начинаем изобретать игры, головоломки, соревнования. Это беззаботное и весёлое проявление более глубокого импульса: нам нравится испытывать себя, чего-то достигать, что-то демонстрировать в жизни.

В эволюционном ключе это имеет смысл. Организм, который бы совершенно не интересовался ничем, что происходит вокруг, сразу серьёзно проиграл бы в борьбе за существование по сравнению с теми, кто уделял бы внимание себе, своему семейству, собратьям. Мы с самого начала ориентированы на интерес к миру и хотим его улучшить.

Наше эволюционное наследие — только часть всей истории. Возникновение сознания означает: то, что нас интересует, а также наши реакции на такие стимулы со временем могут изменяться в результате обучения, взаимодействия с другими и саморефлексии. Мы обладаем не только инстинктами и бездумными желаниями; они — всего лишь основа для появления более значительной надстройки.

Человек при рождении — уже не «чистый лист», и эти «листы» становятся всё насыщеннее и многомернее, по мере того как мы растём и учимся. В каждом из нас, как в котле, бурлят предпочтения, желания, чувства, устремления, нравы, предубеждения, пристрастия, ценности и увлечения. Мы — не рабы своих желаний, мы можем о них размышлять и стремимся их изменить. Но именно желания делают нас теми, кто мы есть. Именно благодаря этим внутренним склонностям нам удаётся формулировать цель жизни и наполнять её смыслом.

Важен мир, и важно, что в нём происходит. Почему? Потому что это важно для меня. И для вас.

* * *

Личные желания и заботы, с которых всё начинается, могут быть просты и эгоистичны. Но можно, опираясь на них, сформировать такие ценности, которые важны не только для нас, но и для большого мира. Это наш выбор, и мы можем решить, что хотим расширить кругозор, найти смысл в чём-то большем, чем мы сами.

В фильме «Эта прекрасная жизнь» безошибочно просматривается

религиозная основа: наступает канун Рождества, и Джорджа Бейли, намеревавшегося покончить с собой, спасает ангел-хранитель. Однако, как подчёркивал автор сюжета Крис Джонсон, Джордж передумал умирать не благодаря ангельской мудрости — помогла демонстрация того, что его жизнь оказывает ощутимое положительное влияние на жизни других обитателей городка Бедфорд-Фоллс. Здесь, на Земле, реальна сама жизнь, которую мы проживаем. В конце концов смысл может заключаться только в ней.

Формирование смысла — это в основе своей интимное, субъективное, творческое занятие, с которым связана чудовищная ответственность. Как говорил Карл Саган, «все мы сделаны из звёздного вещества, которое само овладело своей судьбой».

Предельность жизни придаёт остроту и иным ситуациям. Каждый из нас когда-нибудь произнесёт последнее слово, прочитает последнюю книгу, в последний раз влюбится. Каждую секунду наше бытие и наши действия — результат выбора, который делаем мы сами. Вызовы реальны, а возможности невероятны.

Глава 46
Что есть и что должно быть

Дэвид Юм, шотландский мыслитель XVIII века, с которым мы уже встречались выше как с основателем поэтического натурализма, широко признаётся в качестве одного из центральных деятелей Просвещения. Когда Юму было всего двадцать три, он начал работу над книгой, которая впоследствии оказала огромное влияние, — она называлась «Трактат о человеческой природе». Так распорядилась история; при жизни Юму не удалось сделать из книги бестселлер и он жаловался, что книга «вышла из типографии мертворождённой».

Дэвид Юм (картина Алана Рэмзи)

Следует оценить старания Юма, пытавшегося писать доступным стилем, пусть читатели могут с нами и не согласиться. В одном знаменитом пассаже он саркастически замечает, что улавливает среди коллег-философов любопытную тенденцию: склонность вдруг заговаривать о том, что *должно быть* истинным, хотя до этого они описывали лишь

действительно истинное.

Я заметил, что в каждой этической теории, с которой мне до сих пор приходилось встречаться, автор в течение некоторого времени рассуждает обычным способом, устанавливает существование Бога или излагает свои наблюдения относительно дел человеческих; и вдруг я, к своему удивлению, нахожу, что вместо обычной связки, употребляемой в предложениях, а именно «есть» или «не есть», не встречаю ни одного предложения, в котором не было бы в качестве связки «должно» или «не должно». Подмена эта происходит незаметно, но тем не менее она в высшей степени важна. Раз это «должно» или «не должно» выражает некоторое новое отношение или утверждение, последнее необходимо принять во внимание и объяснить, и в то же время должно быть указано основание того, что кажется совсем непонятным, а именно того, каким образом это новое отношение может быть дедукцией из других, совершенно отличных от него.

Основная мысль Юма ясна: говорить о «долженствовании» — совсем не то же самое, что говорить о «бытии». В первом случае мы судим, высказываясь, как должны обстоять дела, а во втором просто описываем, рассказывая о происходящем. Если вы собираетесь вытворить такой фокус и назвать это «философией», то должны хотя бы удосужиться рассказать нам, как это делается. Современные мыслители сформулировали соответствующую максиму: «Из одних только индикативных суждений нельзя вывести суждения императивные».

Здесь просматривается явная проблема натурализма: плохо, что нельзя вывести императивное из индикативного, поскольку на свете существует только бытие. Кроме естественного мира, нет ничего такого, к чему можно было бы обратиться за руководством к действию. Соблазн извлечь подобное руководство из естественного мира как такового невероятно силён.

Однако такие попытки будут тщетны. Естественный мир не содержит суждений; ему неизвестно, что должно происходить, и нет до того дела. Мы сами можем высказывать суждения, и мы — часть естественного мира, но суждения у разных людей тоже разные. Так тому и быть.

* * *

Для того чтобы понять, почему невозможно вывести императивное из индикативного, полезно подумать о том, как нам вообще удаётся выводить одно из другого. Это делается разнообразными способами, но давайте сосредоточимся на одном из самых простых: парадигме дедуктивных рассуждений, которая называется *логический силлогизм*. Силлогизмы

выглядят следующим образом.

1. Сократ — живое существо.

2. Все живые существа подчиняются законам физики.

3. Следовательно, Сократ подчиняется законам физики.

Это всего лишь один пример общей формы, которая может быть выражена так.

1. *X* верно.

2. Если *X* верно, то и *Y* верно.

3. Следовательно, *Y* верно.

Силлогизмы — не единственная форма логических аргументов, но они довольно просты и при этом достаточны, чтобы проиллюстрировать данную проблему.

Первые два утверждения в силлогизме называются посылками, а третье — заключением. Аргумент называется *валидным*, если заключение логически следует из посылок. Напротив, аргумент называется *разумным*, если заключение следует из посылок, причём сами посылки истинны — это гораздо более высокий и труднодостижимый стандарт.

Рассмотрим силлогизм: «Все ананасы — рептилии. Все рептилии едят сыр. Следовательно, ананасы едят сыр». Любой логик вам скажет, что это совершенно валидный аргумент. Но он не слишком разумен. Аргумент может быть валидным и даже интересным, но практически не содержать правдивых фактов о реальном мире.

Если мы попытаемся выразить вывод императивного в форме силлогизма, то он может выглядеть так.

1. Я бы хотел съесть последний кусочек пиццы.

2. Если не подсуетиться, то кто-то может съесть его вместо меня.

3. Следовательно, нужно подсуетиться.

На первый взгляд, кажется, что это нормальный аргумент, но он не является логически валидным силлогизмом. Обе посылки — это индикативные утверждения: одно о моём желании съесть пиццу, а другое о том, что я упущу этот шанс, если промедлю. И то и другое — фактические заявления о мире, независимо от того, истинны они или нет. А вывод — бесспорно, императивное утверждение. Но если попытаться разглядеть за бытовым смыслом посылок их базовое логическое содержание, то чего-то не хватает. Посылки 1 и 2 на самом деле не подразумевают вывода 3; они подразумевают: «Следовательно, если мне не подсуетиться, то я не получу желаемого».

Для того чтобы заключение получилось валидным, мне потребуется добавить другую посылку примерно такого содержания:

2а. Я должен действовать так, чтобы получить желаемое.

С таким дополнением аргумент становится валидным. Кроме того, он уже не напоминает вывод императивного из индикативного — «императивное» утверждение как раз содержится в новой посылке. Мы просто вывели императивное из императивного, добавив пару индикативных деталей, но этот результат далеко не впечатляет.

Именно такова проблема, связанная с выводом императивного из индикативного: это просто логически невозможно. Если кто-то говорит вам, что вывел императивное из индикативного, то он словно утверждает, что сложил два чётных числа и у него получилось нечётное. Можете не проверять его расчётов, и так понятно, что он ошибся.

* * *

Однако такое происходит постоянно. Снова и снова, до и после появления знаменитой сентенции Юма, многие торжествующе заявляли, что наконец-то взломали этот шифр и показали, как вывести императивное из индикативного. Это были умные, сведущие люди, которые могли рассказать много интересного. Но каким-то образом все они ошиблись.

Физик Ричард Фейнман любил рассказывать историю о том, как повстречал художника и стал расспрашивать его о живописи. Художник хвастался, что может смешать красную краску с белой и получить жёлтую. Фейнман немало знал о соотношении цветов, чтобы отнестись к этому скептически, поэтому художник достал краски и принялся смешивать. Немного помучившись и получив обычный розовый оттенок, художник буркнул, что в смесь, пожалуй, следует добавить каплю жёлтого, чтобы «оттенок стал выразительнее». Здесь Фейнман разгадал фокус: чтобы получить жёлтый на выходе, нужно добавить немного желтизны.

Уловка художника — это такой же простейший ход, при помощи которого делается логически невозможный вывод императивного из индикативного. Уловка стара как мир. Приводится набор бесспорно индикативных утверждений, затем откуда-то извлекается подразумеваемое императивное, которое кажется настолько резонным, что никто и не пытается его отрицать. К сожалению, все утверждения о том, что должно произойти, могут (и будут) кем-то отрицаться, а даже если нет — от этого они не перестают быть императивными утверждениями.

Классический пример предложил Джон Сёрль, знаменитый автор «Китайской комнаты». Вот сёрлевская версия дедуктивного аргумента, рассмотренного нами выше.

1. Джонс произносит слова: «Я тем самым обещаю заплатить вам, Смит, пять долларов».

2. Джонс обещал заплатить Смиту пять долларов.

3. Джонс принял на себя обязательство по уплате Смиту пяти долларов.

4. Джонс несёт обязательство заплатить Смиту пять долларов.

5. Джонс должен заплатить Смиту пять долларов.

Видите, как, словно по волшебству, в последней строке появляется слово «должен», хотя выше речь шла только о том, что «есть». Где произошло передёргивание?

Отыскать его несложно. Выше мы уже предлагали новую посылку 2а, и точно так же Сёрль опирается на скрытую посылку между 4 и 5:

4а. При прочих равных условиях человек должен сделать то, что пообещал.

На самом деле Сёрль прямо в тексте своей статьи признаёт необходимость такой посылки. Но он считает, что она не может считаться посылкой, так как является «тавтологией», то есть она автоматически верна в соответствии с уже заявленными условиями. Сёрль утверждает, что посылка «Джонс обещал что-то сделать» равноценна «Джонс должен что-то сделать» (при прочих равных условиях).

Это неверно. Надеюсь, двусмысленность понятна. Выше, в посылках 1–3, идея «принятия обязательств» относилась к определённому реальному феномену, то есть к фразе, произнесённой Джонсом. Но теперь, в посылках 4–5, Сёрль хочет, чтобы мы считали «обязательство» моральным предписанием, утверждением о том, что должно быть сделано. Он использовал одно и то же слово в двух разных значениях, пытаясь навести нас на мысль: фактические замечания о происходящем каким-то образом могут приводить к оценке выводов о том, что правильно, а что нет.

Этот пример стоит проработать подробнее, поскольку он служит примером огромного множества многолетних попыток вывести императивное из индикативного. Такие аргументы неизбежно вносят толику предписания в список описаний: живописец делает оттенок повыразительнее, подмешивая немного жёлтого.

* * *

Неотъемлемый изъян при выведении императивного из индикативного неоднократно подчёркивали. Список мыслителей, утверждавших, что успешно осуществили такой трюк, длинный и внушительный. Они не просто совершали элементарные ошибки. В глубине души они всегда находили себе оправдание в духе: «Ладно, здесь есть одна скрытая посылка, которая вводит императив в мой список индикативов, но вы же согласны, что эта скрытая посылка вполне неплоха?».

Она была бы неплоха, но вот незадача: при внимательном рассмотрении скрытые оценочные посылки не бывают универсально верными. Скорее наоборот: они отчётливо противоречивы. Причина, по которой вывод императивного из индикативного следует считать тяжким философским преступлением, а не просто правонарушением, в том, что скрытые посылки требуется скрупулёзно изучать. Как раз в них обычно творится основное действие.

Тянет предположить, что скрытая сёрлевская посылка 4а практически неоспорима, но давайте присмотримся к ней повнимательнее. Разумеется, бывают обязательства, которые человек не должен выполнять, — если они были сделаны под давлением, либо если бы их исполнение грубо нарушало бы какое-то иное моральное предписание. Сёрль бы ответил, что такие примеры не считаются, поскольку есть условие «при прочих равных». Итак, что же на самом деле означает это условие? Сёрль объясняет:

Сила выражения «при прочих равных» в настоящей формулировке такова. Если у нас нет причин полагать, что обязательство недействительно (шаг4) или человеку не следует выполнять обязательство (этап 5), то обязательство сохраняется, и человек должен его выполнить.

Итак, вы должны выполнять обещанное, если нет каких-то причин, по которым вы не должны это делать. Не самая хорошая основа для моральных рассуждений.

Не следует скрывать или затушёвывать предположений, с которых мы начинаем моральные рассуждения. Наши попытки стать хорошими людьми будут наиболее удачны, если прямо предъявить их, разобрать и максимально тщательно оценить.

* * *

В настоящее время вывод императивного из индикативного приобретает новый оборот: считается, что мораль может быть сведена к научной практике или даже поглощена ею. Идея примерно следующая.

1. При условии *X* мир станет лучше.

2. Наука может объяснить, как достичь условия *X*.

3. Следовательно, нужно делать то, что советует наука.

В данном случае скрытая посылка будет такова:

2а. Мир нужно сделать лучше.

Это может показаться тавтологией в зависимости от того, что для вас означает слово «лучше». Однако независимо оттого, включим ли мы в утверждение подобную скрытую посылку либо укроем её в определении «лучше», мы всё равно заявляем, что что-то должно быть сделано. Такие утверждения не могут быть основаны только на фактах. Кто решает, что

есть «лучше»?

Сторонники такого приёма иногда утверждают, что мы постоянно делаем разумные предположения, а наука только этим и занимается, поэтому не так уж и важно, чем мы занимаемся на самом деле. Они упускают важный аспект науки. Рассмотрим следующие утверждения.

- Вселенная расширяется.
- У человека и шимпанзе есть общий предок.
- Нужно работать, чтобы люди могли жить счастливее и дольше.

В некотором отношении все эти утверждения верны. Но только первые два «научны». Причина в том, что каждое из них могло *оказаться ложным*. Они не верны по определению или гипотетически. Можно представить такие миры, где Вселенная сжимается, либо миры, где обитают виды, похожие на человека и шимпанзе, но не имеющие общего предка. Верность или ложность утверждений мы определяем эмпирически, путём абдукции и байесовских рассуждений — идём, наблюдаем мир и соответствующим образом уточняем субъективные вероятности.

Мы даже не помышляем о таких экспериментах, которые показали бы, должны ли мы обеспечить людям более долгую и счастливую жизнь. Предполагается, что так и есть, либо мы пытаемся вывести такое заключение на основе связанных с ним посылок. Эта важнейшая дополнительная составляющая отличает устройство науки от размышлений о том, что правильно и что неправильно. Наука требует гипотез; существуют определённые эпистемологические феномены (например, доверие или информация, получаемая от органов чувств), которым отводится важная роль при построении стабильных планет убеждений для практикующих учёных. Однако предположения, которые могут послужить отправной точкой для науки, не работают на уровне морали.

* * *

Ничто из сказанного не означает, что нельзя решать проблемы «долженствования» при помощи инструментов разума и рациональности. Существует целое направление логической мысли под названием *«инструментальная рациональность»*, посвящённое ответам на вопросы вроде: «Допустим, мы хотим достичь определённой цели — как нам это сделать?». Фокус в том, чтобы определиться с такой целью.

Привлекателен вариант, который предложили Билл Престон и Тед Логан, персонажи Алекса Уинтера и Киану Ривза в фильме «Невероятные приключения Билла и Теда». Они сформулировали вечную моральную аксиому: «Будь безупречен с собой и другими».

Основные теоретические моральные предписания подсказывают, что

так и следует поступать. Тянет отмести всяческие сомнения относительно основ морали по той причине, что праведное поведение безошибочно узнаётся, а самое важное — как прийти к такому поведению.

Однако существуют веские причины, по которым следует пойти немного дальше философствований Билла и Теда. Истина в том, что не существует общего мнения насчёт того, что такое «счастье», «удовольствие», «справедливость» или другие формы взаимной безупречности. Мораль и смысл — такие сферы, где коренные разногласия возникают не просто из-за чьей-то ошибки; они реальны и неизбежны, и нам нужно определиться, что с ними делать.

Хочется сказать: «Любой согласится, что убивать щенят плохо». Правда, есть люди, которые убивают щенят. Поэтому, возможно, мы имеем в виду, что «любой *разумный* человек согласится...». Тогда приходится дать дефиницию слову «разумный» и осознать, что мы практически ничего не добились.

Отсутствие окончательных объективных научных основ морали — тревожная штука. Оно подразумевает, что люди, с которыми мы морально не согласны, — будь то Гитлер, талибы или школьные хулиганы, избивающие малышей, — *неправы*, но их поведение нельзя отрицать на тех же основаниях, что и несогласие с дарвиновской эволюцией или с расширением Вселенной. Нельзя провести эксперимент, указать на данные или сформулировать силлогизм, который бы нас убедил, что эти люди действуют неправильно. А если это так, то почему они не должны были так поступать?

Но таков мир. Приходится признать, что наше стремление сформулировать объективные основания морали приводит к когнитивному искажению, справиться с которым можно только одним способом: крайне скептически относиться к любым заявлениям об этом.

Глава 47
Правила и следствия

Авраам услышал приказ Бога: возьми своего единственного сына Исаака, отведи его в страну Мориа и там принеси в жертву (убей и сожги). Следующим утром Авраам и Исаак, взяв с собой двух слуг и осла, отправились в изнурительную трёхдневную дорогу. Прибыв на место, Авраам соорудил алтарь и положил на нём дрова. Связал сына и занёс тяжёлый нож. В последний момент Авраам дрогнул: он не нашёл в себе сил убить мальчика. Однако Исаак видел отчаяние во взгляде отца. По возвращении к матери Сарре Исаак совершенно утратил веру.

Обычно сюжет об Аврааме и Исааке из книги Бытия рассказывают иначе. Такую альтернативную трактовку предложил Сёрен Кьеркегор в своей книге «Страх и трепет». В оригинале Бог вмешивается в последний момент и предлагает Аврааму вместо сына пожертвовать барана. Кьеркегор предлагает несколько различных версий, каждая из которых по-своему шокирует: Авраам обманывает Исаака, выставляя себя чудовищем, лишь бы только Исаак не перестал верить в Бога; Авраам видит барана и решает пожертвовать его вместо сына, нарушив приказ; Авраам молит Бога простить ему, что он даже помыслил убить сына; Авраам в последний момент отступается, и из-за этого Исаак теряет веру.

Существует много прочтений традиционного сюжета об Аврааме и Исааке. Обычно сюжет приводится как урок о силе веры: Бог хотел проверить преданность Авраама, поставив перед ним максимально сложное требование. Мартин Лютер считал, что намерение Авраама убить Исаака было верным, учитывая принципиальную потребность полагаться на волю Бога. Иммануил Кант придерживался мнения, что Авраам должен был осознать, что ни при каких условиях сыноубийство не будет оправданным, — следовательно, такой приказ не мог исходить от Бога. Кьеркегор предполагал, что обилие интерпретаций принижает силу этого столкновения явных абсолютов, и хотел показать невозможность простого решения дилеммы Авраама, а также подчеркнуть, как высоки требования истинной веры.

В более широкой перспективе эта история освещает проблему конкурирующих моральных обязательств: что делать, если некое действие, которое интуитивно кажется совершенно неправильным (убить собственного сына), противоречит фундаментальному правилу, от которого

вы не отступаете (подчиняться слову Божьему)? Когда непонятно, что правильно, а что нет, каковы самые базовые принципы, в зависимости от которых нужно принимать окончательное решение?

* * *

В современных представлениях о морали приказы Бога уже не требуют такого беспрекословного подчинения, как ранее. Но фундаментальная дихотомия сохраняется. В нашем светском технологическом мире дилемма Авраама переформулирована в виде так называемой *проблемы вагонетки*.

Мысленный эксперимент под названием «проблема вагонетки» был предложен в 1960-е годы философом Филиппой Фут, чтобы подчеркнуть конфликт между противоречивыми моральными переживаниями. К вагонеточным рельсам привязано пять человек. К сожалению, у вагонетки отказали тормоза, и она всё быстрее несётся на них. Если ничего не предпринять, они, безусловно, погибнут. При этом вы стоите у стрелки, которая может перевести вагонетку на другой путь. Это запасной путь, но, по несчастному стечению обстоятельств, там тоже к рельсам привязан один человек, который однозначно погибнет, если вы переведёте стрелку. (В этом воображаемом мире дела с безопасностью на путях вагонеток обстоят на удивление плохо.) Что вы будете делать?

Эта дилемма не сравнится по силе с «пожертвуй-единственного-сына-ибо-так-приказал-Бог», но она реальна. С одной стороны, существует выбор между смертью пятерых и смертью одного. При прочих равных кажется, что было бы лучше, или по крайней мере не хуже, если бы погиб всего один. С другой стороны, вы должны сами предпринять действие, чтобы перевести поезд на запасной путь. Инстинктивно кажется, что, если вагонетка всё-таки наедет на пятерых и задавит их, это не наше дело, а если мы по собственной воле решим переключить стрелку, то примем на себя ответственность за гибель человека, находящегося на запасном пути.

Именно здесь правило Билла и Теда «быть безупречными друг к другу» не позволяет выстроить основу для полностью прописанной этической системы. Моральные мытарства — реальность, пусть даже они обычно не так остры, как при проблеме вагонетки. Сколько наших доходов мы должны тратить на собственное благополучие, а сколько — отдавать бедным? Каковы оптимальные правила, которые регулировали бы брак, аборты, гендерную идентичность? Как сбалансировать стремления к свободе и к безопасности?

Как убедился Авраам, порой крайне непросто иметь такой абсолютный моральный стандарт, каким является Бог. Но без Бога такого стандарта не

существует, что само по себе также является вызовом. Дилеммы никуда не деваются, и нам приходится решать, что с ними делать. Природа тоже не помогает, поскольку невозможно извлечь должное из сущего; Вселенная не даёт моральных суждений.

Тем не менее приходится жить и действовать. Мы — совокупности вибрирующих квантовых полей, удерживаемые вместе благодаря подпитке свободной энергией и подчиняющиеся безличным и неустрашимым законам природы, но в то же время мы люди, делающие выбор и заботящиеся о том, что происходит с нами и с окружающими. Как лучше всего представить оптимальный образ жизни?

* * *

Философы считают, что полезно различать *этику* и *метаэтику*. Этика связана с тем, что хорошо, а что плохо, какие моральные ориентиры мы должны принять в отношении собственного и чужого поведения. Утверждение «убивать щенят плохо» относится к этике. Метаэтика делает шаг назад и задаётся вопросом, каков *смысл* утверждений о «хорошем» и «плохом», почему мы должны согласиться с одним набором утверждений, а не с другим. «Наша этическая система должна основываться на повышении благополучия сознательных существ» — это метаэтическое заявление, из которого может быть выведено правило «убивать щенят плохо».

Поэтическому натурализму почти нечего сказать об этике, кроме как сделать несколько вдохновляющих ремарок. Но он действительно кое-что говорит о метаэтике, а именно: наши этические системы созданы нами, людьми, а не открыты в мире, и они должны оцениваться соответствующим образом. Чтобы делать подобные оценки было проще, можно рассмотреть, какими вариантами действий мы располагаем в этическом поле.

В качестве хорошей отправной точки нам послужат две идеи: *консеквенциализм* и *деонтология*. Рискуя чрезмерно упростить тысячелетние споры и размышления, консеквенциалисты считают, что моральная подоплёка действия зависит от того, какие последствия влечёт это действие, а деонтологи полагают, что поступки морально верны или ошибочны сами по себе, безотносительно тех эффектов, к которым они могут приводить. «Максимум счастья для наибольшего числа людей» — знаменитая максима утилитаризма — это классический пример консеквенциалистского мышления. Золотое правило «Поступай с другими так, как ты бы хотел, чтобы они поступали с тобой» — это практическая деонтология. Суть деонтологии — это правила (слово «деонтология» происходит от греческого *деон*, означающего «долг», а «онтология» — от греческого *он*, означающего «бытие». Несмотря на сходство слов, две эти

идеи не связаны друг с другом.)

Билл и Тед были деонтологами. Будь они консеквенциалистами, их девиз звучал бы: «Сделаем мир безупречным местом».

Проблема в том, что и консеквенциализм, и деонтология, на первый взгляд, кажутся совершенно логичными. «Максимум счастья для наибольшего числа людей» — замечательная идея, равно как и «Поступай с другими так, как ты бы хотел, чтобы они поступали с тобой». Суть проблемы вагонетки в том, что две эти идеи могут вступать в конфликт. Идея о том, что было бы разумно пожертвовать одним человеком ради спасения пятерых, по сути своей консеквенциалистская, а наше нежелание самостоятельно перевести стрелку связано с деонтологическими порывами. Отвернуть вагонетку и убить ею невинного человека представляется совершенно неправильным, пусть даже это и спасёт чьи-то жизни. В обычных моральных переживаниях большинства людей присутствуют как консеквенциалистские, так и деонтологические импульсы.

Функционирование этих конкурирующих этических склонностей прослеживается в разных частях нашего бормочущего мозга. В мозге есть система 1, основанная на эвристике, инстинктах и спонтанных реакциях, а также система 2, отвечающая за познание и сложное мышление. Грубо говоря, система 1 обычно отвечает за деонтологические импульсы, а система 2 подключается, когда мы начинаем думать как консеквенциалисты. Выражаясь словами психолога Джошуа Грина, у нас есть не только «быстрое и медленное мышление», но и «быстрая и медленная мораль». Система 1 считает, что мы должны переключить стрелку, систему 2 эта идея возмущает.

* * *

Философы многократно модифицировали исходную версию проблемы вагонетки. Знаменитый вариант называется «проблема с пешеходным мостом», его сформулировала Джудит Джарвис Томсон. Допустим, вы убеждённый консеквенциалист и перевели бы стрелку в исходной задаче. Но на этот раз никакой стрелки нет; единственный способ остановить вагонетку, чтобы та не задавила пятерых несчастных, привязанных к путям, — столкнуть на рельсы толстяка, стоящего на пешеходном мосту. (Все подобные мысленные эксперименты предполагают, что мы способны с невероятной точностью прогнозировать будущее, а также что вы сами слишком щуплый, чтобы остановить вагонетку, поэтому самопожертвование — не вариант.)

Как и раньше, погибнет либо один, либо пятеро. Для консеквенционалиста нет разницы между вариантом с пешеходным мостом

и исходной проблемой вагонетки. Но для деонтолога разница возможна. В первой ситуации мы сами не пытаемся убить человека на запасном пути; его смерть — просто печальное последствие того, что мы старались спасти пятерых. Однако на мосту мы целенаправленно толкаем человека, чтобы он погиб. Мы паникуем при мысли о такой перспективе; одно дело — перевести стрелку, а другое — столкнуть кого-то с моста.

Грин изучал добровольцев, которые проходили МРТ, отвечая на вопросы, связанные с различными моральными дилеммами. Как и ожидалось, мысли о ситуациях с «личным участием» (например, столкнуть кого-то с моста) были сопряжены с повышенной активностью в тех зонах мозга, которые связаны с эмоциями и рассуждением о социальных ситуациях. «Отстранённые» ситуации (например, перевод стрелки) связаны с теми зонами мозга, которые отвечают за познавательную деятельность и высокоуровневые рассуждения. Когда мы имеем дело с немного разными обстоятельствами, в нашем мозге включаются разные модули. Когда речь заходит о морали, в нашем буйном мозговом парламенте действуют как деонтологические, так и консеквенционалистские фракции.

Возможно, если мы засунем человека в огромный медицинский томограф и предложим ему поразмышлять о философских мысленных экспериментах, мы не слишком много узнаем о том, как именно поведёт себя человек в описанной ситуации. Реальный мир сложен — а вы *уверены*, что могли бы остановить вагонетку, столкнув с моста того парня? — и показания людей о том, как бы они действовали в стрессовых ситуациях, не всегда надёжны. Это нормально; в данном случае мы стремимся понять не как поступили бы люди, а как, по их мнению, *следовало бы* поступить.

Консеквенциализм и деонтология — не единственные этические системы, которые можно рассмотреть. Ещё один популярный подход называется *«этика добродетели»*, её основы были заложены ещё Платоном и Аристотелем. Если деонтология связана с тем, что вы делаете, а консеквенциализм — с тем, что происходит, то этика добродетели рассматривает, кто вы есть. Для сторонника этики добродетели важно не то, сколько людей вы спасёте, отвернув вагонетку, и не внутреннее благо ваших действий; важно, принимаете ли вы решение, руководствуясь добродетелями — скажем, смелостью, ответственностью, мудростью. Девиз Билла и Теда в духе этической добродетели формулировался бы просто «Будь безупречен».

Кажется, что добродетель — хорошая вещь, к которой следует стремиться. Подобно консеквенциализму и деонтологии, такая моральная позиция, на первый взгляд, привлекательна. К сожалению, каждый из этих

положительных подходов даёт нам разные подсказки в важных ситуациях. Как решить, какой этической системы придерживаться?

* * *

Это вопрос с подвохом. Чтобы знать, какое решение «следует» принять, порой необходимо уже иметь готовый ориентир, способ суждения о различных подходах. Давайте подумаем о том, как вообще можно выбрать этическую систему.

Существует много различных способов рассуждения, каждый из которых содержит некую важную истину о реальности. Не все дискурсы схватывают истину; некоторые просто неверны. Наша цель — описать мир «полезным» образом, где «полезный» всегда относится к некой установленной цели. В контексте научных теорий «полезный» обычно означает «позволяющий давать точные прогнозы на основе минимальных исходных данных» и «позволяющий заглянуть в устройство системы».

Мораль привносит в рассуждения о мире оценочный компонент. Тот или иной человек (то или иное поведение) бывает хорошим и плохим, правильным или неправильным, достойным восхищения или порицания. Критерии полезности помогают нам выбирать одну из нескольких научных теорий, но бесполезны, когда речь заходит о формулировании моральных принципов. Суть моральных рассуждений — не прогнозирование и не изучение человеческого поведения.

К счастью, «полезность» понимается и в иных смыслах, кроме «помощь в соотнесении с данными». Каждый из нас вступает в метаэтическую игру, имея готовый набор убеждений. У нас есть желания и чувства, есть вещи, которые нас заботят. Некоторые вещи нас естественным образом привлекают, а другие — отталкивают. Задолго до того, как человек только начал рефлексировать по поводу своих моральных принципов, у нас уже была некая зачаточная восприимчивость к морали.

Приматолог Франс де Вааль исследовал истоки эмпатии, честности и взаимопомощи у обезьян. В известном эксперименте он и его ассистентка Сара Броснан посадили двух мартышек-капуцинов в отдельные клетки, откуда животные могли видеть друг друга. Когда обезьяна выполняла простую задачу, она получала за это ломтик огурца. Капуцины были совершенно довольны таким опытом: снова и снова делать одно и то же, лакомясь огурцами. Затем экспериментатор стал давать одной из обезьян виноград — он слаще и однозначно предпочтительнее огурца. Та обезьяна, которая винограда не получала и ранее вполне удовлетворялась огурцом, увидела, что происходит, и отказалась выполнять задачу, возмущённая несправедливостью нового порядка. Недавние исследования Броснан

показали, что в случае с шимпанзе даже та обезьяна, которая получает виноград, чувствует себя неуютно — ущемляется её чувство честности. Некоторые из наших сложнейших моральных обязательств имеют очень глубокие эволюционные корни.

Философию морали можно понимать просто как метод для осмысления таких обязательств: способ убедиться, что мы придерживаемся морали, которую сами провозгласили, что наши обоснования собственных действий внутренне непротиворечивы и что мы учитываем ценности других людей, когда это уместно. Речь не идёт о подтверждении данных; скорее, мы можем выбирать этические теории в зависимости от того, насколько они соответствуют уже имеющимся у нас понятиям. Моральный аппарат «полезен» поэтическому натуралисту постольку, поскольку он позволяет отразить и систематизировать наши моральные обязательства логически непротиворечивым образом.

Такая точка зрения хороша своей явной практичностью: именно так люди и поступают, когда пытаются глубоко задуматься о морали. Мы ощущаем, чем правильное отличается от неправильного, и стараемся это систематизировать. Разговариваем с другими людьми, чтобы понять, что они чувствуют, и учитываем это при разработке правил поведения в обществе.

Однако такая формулировка может ещё и ужасать. Вы мне говорите, что различение добра и зла — дело ваших предпочтений, основанных просто на вашем личном мнении, без всякой внешней поддержки? Следовательно, в мире не существует объективно истинных моральных *фактов*?

Да. Но признание того, что мораль выстроена искусственно, а не «подобрана на дороге», не означает, что морали не существует. Катастрофа отменяется.

* * *

Идея о том, что моральные ориентиры — это феномены, придуманные людьми на основе их собственных суждений и убеждений, но не имеющие никакой внешней основы, известна под названием *«моральный конструктивизм»*. (В данном контексте слово «люди» полностью синонимично понятию «сознающие существа». Я ничуть не сомневаюсь, что на месте людей можно представить животных, инопланетян или какой-нибудь гипотетический искусственный интеллект.) Конструктивизм отличается от «релятивизма». Моральный релятивист считает, что мораль основана на практиках, принятых на уровне конкретных культур или индивидов, и, следовательно, не поддаётся суждению извне. Релятивизм

иногда порицается как чрезмерно квиетистская позиция, так как не допускает обоснованной критики одной системы со стороны другой.

Напротив, моральный конструктивист признаёт, что мораль порождается индивидами и обществами, но также соглашается, что эти индивиды и общества будут трактовать получившуюся совокупность убеждений как «правильную» и будут судить об остальных в соответствии с ней. Моральные конструктивисты ничуть не смущаются говорить другим людям, что те поступают неправильно. Более того, искусственность морали ещё не означает, что мораль произвольна. Этические системы изобретаются людьми, но мы всё можем продуктивно рассуждать о том, как их можно улучшить, — аналогичным образом мы обсуждаем всевозможные иные человеческие творения.

Философ Шэрон Стрит различает кантианский конструктивизм, восходящий к Иммануилу Канту, и юмовский конструктивизм (по Дэвиду Юму). Два этих исключительно влиятельных мыслителя обычно смотрели на вещи с двух очень разных точек зрения — вероятно, отчасти это объясняется их личным несходством. Кант жил по такому строгому расписанию, что жители его родного Кёнигсберга могли сверять часы по дневным прогулкам философа. Он был представителем древней традиции, в рамках которой философия стремилась к полной точности, строгости и определённости, и не потерпел бы в своей этической философии никакой неопределённости. Кант был образцовым деонтологом и основывал свои представления о морали на *категорическом императиве*: «Поступай так, чтобы твои действия могли быть всеобщим законом». Говорят, что однажды Кант утверждал, что солгать в ответ на вопрос убийцы, не скрылся ли в нашем доме преследуемый им наш друг, было бы неправильно, поскольку ложь не может быть всеобщим законом. Учёные спорят о том, считал ли Кант, что лгать априори неправильно, но его мысли определённо отличаются сильной деонтологической прямотой.

Юм, в свою очередь, свободнее чувствовал себя на поле скептицизма, эмпиризма и неопределённости. Он отрицал абсолютные моральные принципы и вместо объективного императива гордо провозглашал, что «разум является и должен быть рабом страстей». Таким образом, разум может помочь нам достичь желаемого, но на самом деле наши желания обусловлены именно страстями. Юм был известен своей натурфилософской склонностью описывать феномены чуть более аккуратными и точными, чем они есть на самом деле.

Конструктивист-кантианец признаёт, что мораль создаётся людьми, но считает, что любой рационально мыслящий человек построил бы один и

тот же моральный аппарат, если бы достаточно чётко о нём поразмышлял. Юмовский конструктивист делает ещё один шаг: мораль искусственна, и разные люди вполне могут построить для себя разные моральные ориентиры.

Юм был прав. У нас нет никаких объективных ориентиров, которые позволили бы нам отличать хорошее от плохого; мы не получаем их ни от Бога, ни от природы, ни от чистой силы или разума как таковых. Живя в мире, как по отдельности, так и в обществе, мы обременены и одарены всеми талантами, склонностями и инстинктами, доставшимися нам в ходе эволюции и воспитания. Суждение о том, что правильно, а что нет, — предельно человеческий акт, и такую реальность необходимо признать. Мораль существует до тех пор, пока мы её придерживаемся, и другие люди могут судить о вещах совсем не так, как мы.

Глава 48
Создание доброты

Итак, собратья-люди, какую мораль мы должны построить?

Не существует универсального ответа на этот вопрос, который в равной степени касается каждого человека. Но, несмотря на это, каждый из нас должен делать всё от него зависящее, чтобы раскрывать и выражать свои моральные импульсы, формулируя на их основе систематическую позицию.

Возможно, наиболее известный подход к этике — это консеквенциалистская теория *утилитаризма*. В соответствии с этой теорией, в человеческом существовании есть некий количественно выразимый аспект под названием «полезность», и уменьшение полезности — зло, а доведение до максимума — всеобщее благо. Затем встаёт вопрос о том, какова дефиниция полезности. Простой ответ — «счастье» или «удовольствие», но он может показаться немного поверхностным и эгоцентричным. Другие варианты — «благополучие» и «удовлетворение предпочтений». В данном случае важно, что существует величина, которую в принципе можно выразить числом (общее содержание полезности в мире), а затем работать, чтобы это число максимально увеличилось.

Такой вариант утилитаризма связан с рядом широко известных проблем. Привлекательная идея «подсчитать полезность» на практике оказывается более скользкой. Что, в сущности, означает фраза: «этот человек обладает 0,64 благополучия по сравнению с другим человеком»? Как складывать значения полезности — так, будет ли один человек с показателем полезности 23 лучше или хуже, чем два человека с показателями полезности по 18 у каждого? Как отмечал Дерек Парфит, если вы считаете, что положительная полезность заключается в самом существовании относительно удовлетворённого человека, из этого следует, что наличие огромного числа частично удовлетворённых людей полезнее, чем наличие горстки совершенно счастливых людей.

Ещё один вызов утилитаризму сформулировал философ Роберт Нозик: допустим, существует «монстр полезности», гипотетическое существо с исключительно утончёнными ощущениями и колоссальным гедонистическим потенциалом. Стандартный утилитаризм, понимаемый буквально, может навести нас на мысль о том, что наиболее моральны поступки, удовлетворяющие таких монстров, независимо от того, какие

страдания из-за этого могут испытывать все остальные, поскольку монстр только и умеет, что наслаждаться. В том же духе можно представить себе достижение такого технологического прогресса, что однажды можно будет положить людей в машины, где они будут полностью обездвижены, но машина так удовлетворит все их потребности, доставит им такое удовольствие и ощущение благополучия, что её полезность будет выше, чем мы в принципе могли бы вообразить. Следует ли работать над тем, чтобы рано или поздно подключить всех к таким машинам?

Наконец, утилитаристские расчёты обычно не позволяют различать полезность «для себя» и для тех, кого мы знаем и любим, для всего остального мира либо для жителей другой исторической эпохи. Большинству жителей развитых стран показалось бы, что утилитаризм требует от нас отдавать значительную часть наших богатств на поддержку остального мира, страдающего от болезней и бедности. Возможно, такая цель похвальна, но она нам напоминает, что утилитаризм может ставить перед своими последователями исключительно высокие требования.

Утилитаризм не всегда адекватно отражает наши моральные переживания. Существуют некоторые вещи, которые кажутся нам однозначно неправильными, даже если они и повышают общее благополучие всего мира. Например, мы бы не стали тайно убивать одиноких и несчастных людей. В то же время есть вещи, которые мы считаем достойными восхищения, пусть они и связаны с некоторым снижением благополучия. Утилитаристам известны такие примеры, и им удаётся слегка корректировать свои правила, чтобы снизить остроту подобных проблем. Правда, основная проблема сохраняется: стремление присвоить каждому действию универсальный показатель «полезности» и работать над повышением этого показателя очень сложно реализуется на практике.

Деонтологическим подходам также присущи свои проблемы. Психологи предполагают, что моральные рассуждения вообще и деонтологические в частности служат в основном для рационализации тех мнений, к которым мы приходим интуитивно, а не для того, чтобы приводить нас к новаторским моральным выводам. Талия Уитли и Джонатан Хайдт провели исследование, в ходе которого под гипнозом внушали испытуемым сильное чувство отвращения к совершенно невинным словам, например «часто» или «брать». Им рассказывали истории о людях, которые не делали ничего дурного с точки зрения любой разумной этики. Когда в этих историях попадались слова, неприятие к которым внушили под гипнозом, люди не только испытывали отвращение,

но и полагали, что действия героев этих сюжетов были в чём-то аморальны. Испытуемые не могли сформулировать, в чём именно, но были убеждены, что герои сюжетов творят что-то дурное.

Конфликты между универсальными этическими рекомендациями и нашими собственными моральными ощущениями были бы вполне допустимы, если бы мы считали наши переживания просто грубыми приближениями более совершенных истин, заключённых в этих рекомендациях. Однако если мы считаем, что морально-философский проект заключается в систематизации и рационализации наших чувств, а не в замене этих чувств объективными истинами, то такие подходы становятся более проблематичными. Рассуждения о морали могут быть не столь шаблонными.

* * *

Деонтология, консеквенциализм, а если уж на то пошло, и этика добродетели, а также разнообразные другие подходы отражают нечто реальное, связанное с нашими моральными импульсами. Мы хотим действовать во благо, хотим сделать мир лучше, хотим быть хорошими людьми. Однако мы также хотим, чтобы наши действия имели смысл и были внутренне непротиворечивы. Достичь этого сложно, если одновременно принять все эти противоборствующие стремления. На практике любая моральная философия стремится выбрать один подход и применять его универсально. В результате мы зачастую приходим к выводам, которые плохо стыкуются с нашими исходными посылками.

Возможно, такой моральный кодекс, который наиболее приемлем для большинства людей, должен быть основан не на строгой интерпретации всего одного подхода, а на совмещении элементов разных подходов. Рассмотрим своеобразный «мягкий консеквенциализм», где ценность поступков зависит от их последствий, но также в некоторой степени и от самих действий. Либо допустим, что мы разрешаем себе выше ценить тех, кого мы знаем, кто нам небезразличен, и менее склонны помогать малознакомым людям. Такие случаи не следует трактовать как «ошибки», они могут быть элементами сложного и многогранного, но внутренне согласованного подхода к осознанию наших основных моральных склонностей.

В то же время, некто может быть глубоко моральным человеком, если в своих поступках будет опираться на небольшой набор абсолютных правил, будь то конкретная разновидность утилитаризма или приверженность категорическому императиву, поскольку человек чувствует, что именно такая система наиболее соответствует его

внутренним убеждениям. И это нормально. Конструируемые нами моральные системы служат нашим собственным целям.

Бог повелел Аврааму совершить ужасный поступок. Это был суровый вызов авраамовскому гуманизму, но, учитывая мировоззрение Авраама, правильная линия поведения была очевидна: если ты уверен, что Бог повелевает тебе сделать что-либо, делай это. Поэтический натурализм не даёт нам утешения в виде объективной моральной определённости. Не существует «верного» решения проблемы вагонетки. Ваши действия зависят от того, кто вы есть.

* * *

В этом-то и загвоздка. Мы *хотим*, чтобы у наших дилемм были такие же объективные решения, как и у математических теорем, и такие же доказательства, как у экспериментальных научных открытий. Поскольку мы — исправные байесовцы, осведомлённые о собственной склонности считать истинными те утверждения, которые нам ближе, нужно особенно скептически относиться к попыткам отыскать объективную мораль в естественной среде. Но мы, будучи людьми, зачастую слишком легко принимаем ту или иную точку зрения.

Проблема в том, что, если мораль искусственна, любой будет строить её по собственному разумению, и то, что у него получится, не обязательно будет во благо. Это древняя проблема, которую обычно связывают с иноверцами или атеистами. Раннехристианский мыслитель Тертуллиан родом из Южной Африки, признанный Отцом Церкви, объяснял, что атомист вроде Эпикура не может быть хорошим человеком. Дело в том, что для Эпикура посмертной жизни не существует и, следовательно, страдания эфемерны, тогда как христиане верят в ад и для них страдания вечны. Зачем кому-то стремиться к добродетели, если вам не светит ни вечное блаженство, ни вечное наказание?

Подумайте о любой пытке: какова бы ни была она, она ведь кончится со смертью. Эпикур не придаёт никакого значения страданию и боли: на слабую не обращаешь внимания, сильная длится недолго. Не сомневаясь в этом, мы живём пред очами всевидящего Бога, предвидим вечное наказание и отвращаем его непорочной жизнью.

В наше время подобная тревога связана с тем, что, если признать искусственность морали, люди начнут предаваться своим самым низменным инстинктам и у нас не будет опоры, на основе которой можно было бы осудить объективное зло, например Холокост. В конце концов, кому-то эта идея показалась хорошей, а без объективных ориентиров как можно утверждать, что она дурна?

Конструктивист ответит, что, хотя моральные правила и изобретены людьми, от этого они не становятся менее реальными. Правила баскетбола тоже изобретены людьми, но после того как их придумали, эти правила действительно существуют. Люди всегда спорят о том, каковы должны быть «правильные» правила. Когда Джеймс Нейсмит изобрёл баскетбол, мяч кидали в корзину из-под персиков, и его приходилось доставать оттуда после каждого удачного броска. Лишь со временем стало понятно, что игра станет интереснее, если заменить корзину обручем. Игра стала «лучше» в том смысле, что в неё стало удобнее играть. Правила баскетбола не относятся к объективным открытиям, то есть они не существовали во Вселенной, дожидаясь того часа, когда человек их обнаружит; но при этом они и не произвольны. Мораль точно такая же: мы изобретаем правила, но при этом руководствуемся разумными целями.

Проблемы начинаются, если представить себе людей, чьи цели — чьи базовые моральные ощущения и обязательства — вступают в радикальный конфликт с нашими. Что мы будем делать с теми, кто просто хочет играть в хоккей, а не в баскетбол? В спорте можно просто подыскать себе других товарищей по игре, но, когда речь заходит о морали, все мы должны сосуществовать здесь, на Земле.

Можно надеяться (в духе Канта), что простые внутренне непротиворечивые логические требования позволят каждому человеку сформулировать одни и те же моральные правила, даже если люди и будут исходить из слегка разных ощущений. Однако эта надежда в самом деле кажется шаткой. Шэрон Стрит представляет себе «внутренне последовательного Калигулу», который наслаждается страданиями других. Такой монстр не должен быть алогичным или непоследовательным; просто мы не можем согласиться с его моральными принципами. Мы не собираемся его переубеждать. Если он действует в соответствии со своими импульсами, тем самым причиняя вред окружающим, мы должны отреагировать именно так, как поступили бы в реальном мире: помешать ему делать это. Когда преступники отказываются сдаваться, мы сажаем их в тюрьму.

На практике проблемы, связанные с конструктивизмом, несколько утрируются. Большинство людей, как правило, желают считать себя добродетельными, а не злыми. Неясно, какова будет практическая польза, если мы сможем сформулировать мораль как объективную совокупность фактов. Предположительно мы можем представить себе индивида или группу людей, которые относительно разумны, но не соглашаются с нами по вопросам морали; с такими людьми мы можем посидеть за чашечкой

кофе и убедить их, что они ведут себя неправильно. На практике конструктивисту рекомендуется действовать в сущности точно также: посидеть с человеком и побеседовать, апеллируя к общим моральным убеждениям и пытаясь выработать решение, которое обоим покажется разумным. Моральный прогресс возможен, поскольку большинство людей одинаково понимают многие проблемы морали; в противном случае любые разговоры с ними не принесли бы особой пользы.

Если же нас беспокоит проблема того, что мы не можем оправдать собственное вмешательство ради предотвращения аморальных действий, то для конструктивистов такой проблемы просто не существует. Если, рационально обдумав проблему, мы решаем, что нечто глубоко порочно, то ничто не мешает нам активно бороться с таким злом независимо от того, отталкиваемся ли мы от внешних критериев или от наших внутренних убеждений. Опять же, в мире всё примерно так и устроено.

Определяясь с тем, что значит «быть хорошим», мы не решаем математическую задачу и не открываем новую окаменелость. Ситуация напоминает поход на обед с друзьями. Мы обдумываем, что хотим заказать для себя, интересуемся желаниями товарищей и обсуждаем, как нам вместе это организовать. В компании могут быть как вегетарианцы, так и те, кто ест всё подряд, но если подойти к делу добросовестно, то явно можно удовлетворить всех.

* * *

Однажды я был приглашён в редакционный совет большой междисциплинарной конференции, куда приехали специалисты из разных сфер — бизнеса, науки, политики и искусств. Нашему совету предстояло обсуждать мораль в современном мире. Меня пригласили не потому, что я обладал особенным опытом в вопросах морали, а потому, что большинство участников этой конференции были людьми религиозными, а я — нет; мне поручили быть номинальным атеистом. Когда пришла моя очередь выступать, мне задали единственный вопрос: «Как вы считаете, каков был бы наилучший аргумент *против* вашего атеизма?». Напротив, моим коллегам представилась возможность сказать что-либо конструктивное и позитивное о своих моральных воззрениях. Во многих кругах втайне подозревают, что натуралисты — занятные существа, но их не стоит воспринимать всерьёз, когда речь заходит о ценностях.

Сегодня, в начале XXI века, большинство учёных и философов — натуралисты. Тем не менее в публичной сфере, по крайней мере в США, в вопросах морали и смысла ведущие позиции занимают религия и духовность. Наши ценности пока не поспевают за нашей наилучшей

онтологией.

Лучше бы им поспевать, хотя бы понемногу. Когда заходит речь о том, как жить, мы подобны той первой рыбе, выбравшейся на сушу: перед нами открывается целый мир новых опасностей и возможностей, к которым мы ещё как следует не приспособлены. Технологии наделили нас титанической силой, позволяющей менять мир к лучшему или к худшему, и, по любой разумной оценке, мы только вступаем в эпоху соответствующих перемен. Нам предстоит сталкиваться с такими моральными вопросами, о которых наши предки, вероятно, не могли и помыслить, — от взаимодействий человека и машины до исследования новых планет. Инженеры, конструирующие самоуправляемые автомобили, уже осознают, что им придётся программно реализовывать некоторые варианты проблемы вагонетки.

Поэтический натурализм не подсказывает нам, как себя вести, но предостерегает от ложного самоуспокоения: ошибочно считать, что наша мораль объективно самая лучшая. Наша жизнь меняется непредсказуемым образом; нам необходимо трезво судить о мире и в точности представлять себе, как он устроен. Чтобы устоять, нам не нужна незыблемая основа; нужно научиться ладить со Вселенной, которой нет до нас дела, и гордиться самим фактом, что нам не всё равно.

Глава 49
Слушая мир

Идея Десяти Заповедей глубоко нетривиальная. В ней сочетаются два импульса, укоренившиеся в человеческой природе: составить список из десяти пунктов и указать другим, как себя вести.

Наиболее известный подобный список фигурирует в Ветхом Завете. Речь идёт о своде правил для еврейского народа, которые Бог дал Моисею на горе Синай. Десять Заповедей перечисляются дважды — один раз в книге Исход и второй раз во Второзаконии. В обоих случаях список не пронумерован, причём формулировки заповедей в этих списках немного различаются. Поэтому нет общего мнения о том, каковы же на самом деле Десять Заповедей. Иудеи, православные, католики и представители различных протестантских деноминаций цитируют немного разные списки. Например, лютеране не включают в список традиционный запрет о несотворении кумиров и тезис «не возжелай дом ближнего твоего» выделяют в отдельную заповедь, а не упоминают вместе с «не возжелай жену ближнего твоего и раба ближнего твоего». Важно, что заповедей всегда десять.

Философские школы, не относящиеся к традиционному религиозному мейнстриму, не могли не позаимствовать идею Десяти Заповедей и стали предлагать собственные списки. Есть атеистические заповеди, светские заповеди и т. д. Социалистические воскресные школы — британская организация, созданная в качестве альтернативы христианским воскресным школам, — предлагают список социалистических заповедей. («Помни, что всё хорошее на свете создано трудом. Тот, кто пользуется этим, не работая, крадёт хлеб рабочих».)

Хороший поэтический натуралист противостоит соблазну раздавать заповеди. Пословица гласит: «Дай человеку рыбу, и он будет сыт один день. Научи человека ловить рыбу, и он будет сыт всю жизнь». Когда речь заходит о том, как жить, поэтический натурализм не может дать нам рыбу. Скорее, он помогает понять, какие существа называются «рыбами», и, пожалуй, исследовать различные возможные способы рыбной ловли, если мы собираемся этим заниматься. От нас зависит, какую стратегию мы выберем и что будем делать с рыбой, когда её поймаем.

Целесообразно отойти от концепции «заповедей» и вместо этого предложить *Десять Соображений*: список верных утверждений, которые

было бы полезно учитывать, формулируя и постигая собственные ценности и заботясь о жизни. Можно черпать вдохновение из Вселенной, тщательно прислушиваясь к ней.

* * *

1. Жизнь не вечна.

Джулиан Барнс в своём романе «История мира в десяти с половиной главах» предполагает, как мог бы выглядеть рай. Человек, который был при жизни английским рабочим, после смерти просыпается на новом месте, где всё прекрасно. Он может получить всё, чего попросит, с одной неявной уловкой: чтобы попросить, он должен суметь это вообразить. Будучи самим собой, он занимается любовью с бесчисленными прекрасными женщинами, ест всевозможные яства одни за другими, встречается со знаменитостями и политиками, а также достигает такого мастерства в гольфе, что вдвое чаще попадает в лунку, чем промахивается.

Его неизбежно начинают одолевать нервозность и скука. Расспросив райский персонал, он узнаёт, что есть возможность просто покончить со всем этим и умереть. «А есть ли такие люди, которые действительно решили умереть»? — спрашивает он.

Служитель отвечает: «Рано или поздно все выбирают такой вариант».

Люди всегда воображали, каким образом жизнь может продолжаться после телесной смерти. При внимательном рассмотрении ни один из этих вариантов не выдерживает критики. В этих сюжетах упускается, что любые изменения, и смерть в том числе, — это не опциональное условие, которое можно было бы обойти, а неотъемлемая часть самой жизни. На самом деле вы не хотите жить вечно. Просто желаете пожить подольше.

Жизнь заканчивается, отчасти поэтому она такая особенная. Всё существует здесь, перед нами, всё это мы можем видеть, трогать, влиять на это. Жизнь — не генеральная репетиция, во время которой мы строим планы и подвергаемся испытаниям в предвкушении, что после смерти всё-то и начнётся. Это единственная гастроль, которую мы можем дать, и от нас зависит, как мы ею распорядимся.

2. Желания — часть жизни.

Вообразите, что хотите достичь полного спокойствия. Закройте глаза, замедлите все телесные ритмы, усыпите разум. Некоторым это удаётся лучше, другим — хуже, но никто не может впасть в полную неподвижность. Вы постоянно дышите, ваше сердце качает кровь, в организме синтезируются миллиарды молекул АТФ, которые затем подпитывают незаметные процессы в организме. По эту сторону от

гробовой доски абсолютного спокойствия не существует (даже по ту, если позволить себе небольшую поэтическую вольность).

Теперь обсудим компьютер. Сконструируем машину с колоссальной вычислительной мощностью, включим её и посмотрим, что она станет делать сама по себе. Да ничего. Просто будет стоять и гудеть. Мы можем её запрограммировать, поставить задачу и приказать её выполнить. Однако, если этого не сделать, машина не станет работать по своей воле, пусть даже и обладает способностью перемалывать числа. Можете её игнорировать, но терпение у неё не лопнет; можете её ломать — она не станет защищаться, оскорбляйте её — она не обидится.

Жизнь характеризуется движением и изменениями, и эти свойства проявляются у человека как разнообразные желания. С самого начала эволюции существуют вещи, которые мы желаем, — от наслаждения вкусной едой до помощи другим людям и восхищения произведениями искусства. Именно эти желания формируют нас, стимулируют человека заботиться о себе и об окружающих. Но желания нас не порабощают; мы способны к рефлексии и самосознанию, причём сами определяем, что нас волнует. При желании мы можем постараться сделать мир лучше.

3. Важно то, что важно для людей.

Вселенная — пугающее место. По сравнению с её мельчайшими компонентами мы достаточно велики: в теле среднего человека насчитывается около 10^{28} атомов. Но по сравнению с общими размерами Вселенной мы абсурдно мелкие: больше 10^{26} людей должны были бы взяться за руку и встать в цепочку, чтобы она протянулась через всю наблюдаемую часть космоса. Вселенная будет существовать ещё долго после того, как человеческий род исчезнет, причём она так и будет медленно развиваться в полном согласии с базовыми законами природы.

Вселенной нет дела до нас, но нам есть дело до Вселенной. Вот что делает нас особенными, а не бесплотные души и не особое предназначение в грандиозном плане мироздания. Спустя миллиарды лет эволюция породила существ, способных задумываться о мире, строить в уме его картину и тщательно его исследовать.

Мы интересуемся миром, его физическими проявлениями, а также собратьями-людьми и другими существами. Эти заботы, которые мы таим в самой глубине, — единственный источник «смысла» в любом космическом понимании.

Всякий раз, задаваясь вопросом о важности чего-либо, мы ищем ответ

в контексте важности предмета для человека или людей. Мы принимаем мир и присваиваем ему ценность — таким достижением мы по праву можем гордиться.

4. Всегда можно сделать ещё лучше.

Мы достигаем понимания, совершая ошибки. Мы выдвигаем предположения о мире, проверяем, насколько они согласуются с наблюдаемыми явлениями, чаще убеждаемся в собственных ошибках, чем в правоте, и стараемся улучшить собственные гипотезы. Человеку свойственно ошибаться, и этим всё сказано.

Можно превратить собственное несовершенство во благо, признав его и оберегая, постоянно стараясь всё лучше преуспевать во всех наших начинаниях. Математические доказательства могут быть безупречно логичны, но научные открытия обычно делаются в результате длинной череды проб и ошибок. Когда речь заходит о ценностях, заботе, любви и добродетели, совершенство становится ещё более эфемерным, так как не существует объективных стандартов, по которым мы могли бы судить о наших успехах.

Тем не менее мы развиваемся, всё лучше понимаем мир и учимся жить в нём. Претензии на *моральный* прогресс могут показаться странными, поскольку объективных стандартов морали не существует, но именно такой прогресс мы обнаруживаем в истории человечества. Прогресс наступает не от новых открытий в воображаемой науке о морали, а потому что мы становимся честнее и строже сами с собой — начиная с разбора собственных обоснований и оправданий такому поведению, которое, честно признаться, с самого начала было весьма предосудительным. Стать лучше — тяжёлый труд, но, отсеивая предубеждения и открыто встречая новые идеи, мы делаем в этом успехи.

5. Слушать полезно.

Если признать, что никто не застрахован от ошибки, то будет целесообразно открыто относиться к другим людям и выслушивать их. У всех есть свои предубеждения, поэтому никогда не будет лишним поинтересоваться чужой точкой зрения. Если цели и мораль не могут быть открыты, как явления природы, так, возможно, мы смогли бы чему-то научиться от других людей, которые продолжают их творить.

В частности, речь идёт о древней мудрости. Тысячи лет люди ломали голову над тем, как быть хорошим человеком. На протяжении большей части истории эта работа велась в рамках религиозных и духовных

традиций. Совершенно незачем отбрасывать все наработки великих мыслителей прошлого лишь потому, что теперь мы располагаем более новой и точной онтологией. Равно как нет никаких причин придерживаться этических заповедей, которые давно отвлечены от своих исходных обоснований. Можно вдохновляться древними учениями, не говоря уже о великих произведениях науки и искусства, но не порабощаться ими.

Благодаря сознанию человек может внутренне себя смоделировать. Кроме того, сознание позволяет моделировать других людей, открывает путь эмпатии и в конечном итоге любви. Нужно не только прислушиваться к другим, но и ставить себя на их место, чтобы понять, что их волнует. Это мощный двигатель морального прогресса. Как только удаётся осознать, что смыслы проистекают из человека, понимать других становится важно как никогда.

6. Не существует естественного способа бытия.

Эволюция крайне изобретательна и создаёт механизмы, с которыми едва ли могут сравниться инженерные работы человека. Но в природе не было инженера, поэтому у неё есть свои недостатки. Нет упрощённого неделимого эго, никакого крошечного гомункула, который руководил бы нами на основе незыблемых правил. Каждый из нас — конечный продукт целой какофонии противоречивых порывов, и остальные люди точно такие же.

Если мы — часть природы, то, возможно, велик соблазн возродить нашу «естественность». На самом деле всё наоборот: мы естественны, и ничего с этим не поделаешь, поскольку мы неизбежно являемся частью природы. Но природа не руководит нами, не предлагает правил и даже не демонстрирует примеров хорошего поведения. Природа — своеобразный хаос. Ею можно вдохновляться, а порой ужасаться, но она просто существует.

Когда мы ищем в природе ключи к человеческой отзывчивости, стараемся отыскать мораль в поведении родственных человеку животных, получается неоднозначная картина. В социальной структуре шимпанзе доминируют самцы, а у бонобо — самки. Слоны скорбят по погибшим собратьям, а среди столь непохожих на нас существ, как крысы и муравьи, известны случаи спасения товарищей, оказавшихся в беде. Биологи Роберт Сапольски и Лиза Шейр изучали стаю кенийских павианов, кормившихся на мусорной куче рядом с близлежащей туристической базой. Ведущую роль в группе играли авторитетные самцы, а самки и самцы помельче часто голодали. Как-то раз стая наелась из мусорной кучи заражённого мяса, из-

за чего большинство привилегированных самцов передохли. После этого «характер» стаи полностью изменился: особи стали менее агрессивны, охотнее почёсывали друг друга, отношения в группе также стали более эгалитарными. Такое поведение сохранялось на протяжении всего исследования, то есть более десяти лет.

Смысл не в том, что нам стоит поучиться у павианов (хотя если они научились жить лучше, то, может быть, и для нас не всё потеряно). Дело в том, что мы — не простые, единообразные, статичные существа. У нас есть склонности и желания; отчасти они врождённые, но при этом мы можем меняться — как индивиды и как общество в целом.

7. Чего только не бывает.

Если ваша жизнь должна обладать смыслом и значением, то сначала их нужно создать. Причём люди разные, каждый будет создавать что-то своё. Это следует приветствовать, а не искоренять как досадную помеху.

Многое из того, что написано о поисках осмысленной жизни, принадлежит перу тех людей, которые: 1) любят глубоко и тщательно размышлять о подобных вещах и 2) любят записывать то, о чём думают. Следовательно, в этих трудах прославляются определённые добродетели: воображение, разнообразие, страсть, художественная выразительность. Действительно, их стоит славить. Однако полноценная жизнь также может характеризоваться такими чертами, как надёжность, солидарность, честь, удовлетворённость. Кто-то может реализовать себя, отдавая все силы на помощь окружающим, другие лучше сосредоточатся на собственном повседневном бытии. Стиль жизни, подходящий кому-то, может не подойти другому.

Поэтический натурализм не слишком радует тех, кому нравится учить жизни других людей. Он допускает плюрализм целей и смыслов, богатую экосистему добродетелей и множество вариантов хорошего жизненного пути.

Перед нами открывается одновременно и возможность, и вызов. Не существует единственного верного образа жизни, а тот жизненный путь, который вам объективно лучше всего подходит, предстоит открыть самостоятельно — рассуждая или размышляя. Можно по-разному строить свою жизнь, и многие из таких возможностей будут считаться верными и хорошими.

8. Вселенная в наших руках.

Мы — совокупности атомов и частиц, сталкивающихся друг с другом

и взаимодействующих согласно законам природы. Кроме того, мы — совокупности биологических клеток, обменивающихся электрохимическими сигналами при переработке свободной энергии, получаемой из окружающей среды. Наконец, мы — мыслящие, чуткие, неравнодушные существа, способные обдумывать собственные действия и решать, как поступить.

Именно благодаря последнему аспекту мы такие особенные. Мы состоим из той же материи, что и вся остальная Вселенная, но наша материя собрана таким образом, что о нас можно рассуждать совершенно новым образом. Мы можем взвешивать альтернативы и делать выбор. Это не волшебная или сверхъестественная способность, которая позволяла бы нам пренебрегать законами физики, а именно способ рассуждения, отчасти позволяющий описать такую сложную систему, как «человеческое существо». Большая сила — это большая ответственность.

Наша способность к мышлению позволила нам исключительно эффективно использовать окружающий мир. Мы не сможем отсрочить тепловую смерть Вселенной, но можем изменять собственные тела, свою планету, а когда-нибудь — распространить жизнь по всей Галактике. Именно нам приходится делать разумный выбор и улучшать мир.

9. Можно достичь большего, чем просто счастье.

Мы живём во времена, когда поиски счастья кажутся важными как никогда. В книгах, телепередачах и в Интернете нам постоянно советуют, как наконец-то достичь и не упустить это эфемерное и вожделенное состояние. Если мы будем счастливы, то всё будет хорошо.

Допустим, есть такой наркотик, который делает вас абсолютно счастливым, но отбивает всякое желание заниматься чем-либо, кроме банального выживания. Внешне будет казаться, что вы ведёте совершенно скучную и рутинную жизнь, но в душе вы будете безраздельно счастливы, будете предаваться воображаемым приключениям и неизменно успешным романтическим авантюрам. Вы бы приняли такой наркотик?

Вспомните Сократа, Иисуса, Ганди, Нельсона Манделу. Или Микеланджело, Бетховена, Вирджинию Вулф. Разве «счастливый» — первое слово, которое приходит на ум, когда пытаешься их описать? Они могли быть — и определённо бывали — счастливы, но не это их качество является определяющим.

Ошибочно делать акцент на счастье и забывать, что жизнь — это процесс, зависящий от активности и движения, ошибочно вместо жизни искать какого-то совершенного состояния бытия. Такого состояния быть не

может, поскольку перемены — суть жизни. Учёные, исследующие смысл жизни, различают *синхронический смысл* и *диахронический смысл*. Синхронический смысл зависит от вашего состояния в каждый конкретный момент времени: вы сидите на солнышке и поэтому счастливы. Диахронический смысл зависит от избранного вами пути: например, вы счастливы, так как уверенно двигаетесь к окончанию колледжа. Если мы позволим себе вдохновляться тем, что узнали об онтологии, то, возможно, стоит сосредоточиться на диахроническом смысле за счёт синхронического. Суть жизни — перемены, и можно попытаться вплести эти изменения в сами поиски смысла.

Ведь в конце вашей жизни будет не столь важно, много ли счастья вам выпало в этой жизни. Не лучше ли, если, подводя итоги своей жизни, вы сможете поведать её интересную историю?

10. Реальность ведёт нас.

В 1998 году психологи Шелли Тейлор и Джонатан Браун предложили термин «позитивные иллюзии». Так называются ложные убеждения, верить в которые приятно. Посредственный человек оценивает себя «выше среднего», мы склонны смотреть в будущее с большим оптимизмом, чем подсказывает имеющийся опыт. Так мы обычно дополняем наши когнитивные искажения.

Эффект реален: можно почти не сомневаться, что определённые иллюзии делают нас счастливее. Можно даже попытаться подобрать эволюционистское объяснение того, почему слегка завышенная самооценка может быть полезна для выживания. Можно представить себе программу, которая поднимает человеку настроение при помощи избирательной лжи. Но разве мы этого хотим?

Да, такие иллюзии могут делать нас счастливее, но лишь немногие люди осознанно стремятся к ложным убеждениям. Когда мы оцениваем себя «выше среднего», дело не в том, что мы себя убеждаем: «Буду оценивать себя завышенно — тогда и почувствую себя лучше». Нет, мы верим в такую оценку.

Выходит, что сделать всё правильно — быть честным с собой и другими, принимать мир таким, каков он есть, и смотреть другому прямо в глаза — запросто не получается. Для этого нужно постараться. Когда мы хотим, чтобы что-то оказалось истинным, чувствуем, что нам приятно во что-то верить, — это и есть основание для сомнений. Иллюзии могут быть приятны, но плоды истины гораздо лучше.

У нас есть более высокие стремления, чем тяга к счастью. Мы столько

узнали о масштабе и устройстве Вселенной, о том, как сосуществовать друг с другом, находить смысл и значение в нашей жизни именно потому, что не любим принимать успокоительные иллюзии в качестве окончательных ответов.

Глава 50
Экзистенциальная терапия

Когда я был маленьким, в моей семье было принято регулярно ходить в церковь. Вероятно, такой еженедельный распорядок соблюдался по инициативе бабушки. Её родители родились в Англии, а она ходила в епископальную церковь. Мы посещали службы в соборе Святой Троицы в городе Трентон, штат Нью-Джерси; хотя никто бы и не подумал отнести его к выдающимся произведениям сакральной архитектуры, собор мог похвастаться высокими готическими витражами, которые казались маленькому мальчику весьма впечатляющими.

Мне нравилось ходить в церковь. Вероятно, больше всего я любил ходить на блинчики после службы, там неподалёку их предлагали с клубничным сиропом. В те времена я бы сказал вам, что это настоящий кулинарный шедевр. Но мне нравились и гимны, и внушительные деревянные скамьи, и даже ритуал утреннего одевания перед походом в церковь. Мне невероятно нравились таинства и церковное учение. Ходить в воскресную школу, читать Библию, пытаться понять, в чём суть всего этого. Самой интересной книгой в Библии мне казалось Откровение с пророчествами о будущем. Я даже смутился, когда где-то прочитал, что современной аудитории Откровение представляется в чём-то отталкивающим и даже возмутительным. В детстве это была крутейшая часть книги. Там были ангелы, звери, печати, трубы — что тут может не нравиться?

Мы перестали ходить в церковь после смерти бабушки — мне тогда было десять. Я превратился в такого «эпизодического верующего», какого можно встретить во многих американских семьях. Мой переход к натурализму не был ни драматичным, ни разительным; натурализм просто просочился в меня. Это было постепенное, а не внезапное изменение.

Однако были и два особых случая. Первый произошёл, когда я был ещё очень юн. Мы были на службе, и двое волонтёров заговорили о недавних изменениях в режиме службы. Им нравился новый порядок, поскольку в старом варианте литургии требовалось слишком долго стоять на ногах и на коленях, почти не было перерывов, чтобы посидеть. Мне это показалось возмутительной ересью. Как вообще можно брать и тасовать порядок службы? Не предопределён ли он *Богом*? Вы имеете в виду, что *люди* могут просто взять и поменять какие-то детали? Я по-прежнему

оставался верующим, но в тот момент были посеяны первые сомнения.

Прошло время, и я поступил на факультет астрономии в Католический университет Вилланова, что неподалёку от Филадельфии. К тому моменту я уже успел достаточно поразмышлять об устройстве Вселенной, поэтому любой назвал бы меня «натуралистом», но я ещё не «признался» в этом ни себе, ни кому-либо другому. В Вилланове читали множество обязательных курсов, в том числе по философии и по теологии; оба преподавались на протяжении трёх семестров. Философия меня завораживала, мне нравилось изучать теологию — профессора у меня были невероятно умные — и мне нравилось обсуждать разные идеи, независимо от того, верил ли я в них сам или нет.

Второй эпизод случился, когда я услышал песню «Единственный путь» с альбома «Tarkus» группы «Emerson, Lake & Palmer» (в те времена на факультете астрономии Вилланова было настоящее сборище фанатов прогрессивного рока). В композиции была шикарная органная партия Кита Эмерсона, но вдобавок в этой песне я впервые услышал атеистический месседж, который ни с чем не спутаешь, брошенный прямо в лицо: «Не нужно слова / Когда вы все уже слышали / Не бойтесь / Человек сотворён человеком». Не самая высокая поэзия, да и на разумный философский аргумент не тянет. Но эта глупая песенка впервые заставила меня задуматься о том, что вполне можно быть неверующим — что это не та вещь, которой можно стыдиться и которую следовало бы скрывать. Для скромного мальчика из католического университета это было уже немало.

* * *

Многие атеисты приходят к неверию из-за репрессивного религиозного воспитания. Я не таков; мой религиозный опыт был максимально мягким, по крайней мере после корректировки порядка службы, когда уже не приходилось так много стоять на коленях. Наша деноминация епископальной церкви была настолько щадящей, насколько может быть хождение в церковь, а в университете Вилланова вне занятий по теологии к студентам не предъявлялось никаких религиозных требований.

Я всегда интересовался миром и увлекался наукой. Мы говорим о «трепете и изумлении», но это два разных слова. Я испытываю трепет под впечатлением от Вселенной, её размаха, сложности, глубины, величайшей точности. Но моё основное чувство — изумление. «Трепет» имеет схожую коннотацию с «благоговением»: «Я трепещу при виде этого, чувствую себя недостойным». «Изумление» сближается с «любознательностью»: «Я в изумлении и хочу разобраться, что к чему». Я всегда буду предпочитать

изумление, а не трепет.

Многие факты о мире кажутся нам таинственными, а в тайнах есть нечто притягательное и захватывающее. Ошибочно хвататься за тайны ради тайн и искать успокоения в том, что Вселенная по определению непознаваема. Всё равно что купить большую стопку детективных романов и каждый из них дочитать лишь до половины. Истинная прелесть тайн заключается не в том, что их нельзя разгадать, а в том, что путь к разгадке может быть по-настоящему увлекательным.

Как и принцесса Елизавета, я всегда считал очень важным тот факт, что различные аспекты мира сочетаются друг с другом и обретают смысл. Всё, что мы знаем о Вселенной, подсказывает, что она *доступна для понимания*: если как следует постараться, то во всём можно разобраться. Мы ещё очень далеки от полного понимания устройства реальности, но в то же время мы уже немало открыли. Тайн ещё хватает, но нет никаких причин беспокоиться (или надеяться), что какие-то тайны неразрешимы.

Подобные размышления заставили меня оставить веру в Бога и стать неунывающим натуралистом. Но я надеюсь, что никогда не оступлюсь и не стану считать врагами тех людей, с которыми у меня не сходятся взгляды на фундаментальную природу реальности. Ключевое различие существует не между теистами и натуралистами, а между теми, кто всеми силами старается понять Вселенную, и теми, кто впихивает её в предопределённые рамки или просто принимает как данность. Вселенная гораздо больше нас с вами, и стремление её понять объединяет людей с самыми разными ключевыми убеждениями. Мы — против тайн во Вселенной, и если нам с вами важно её понять, то мы на одной стороне.

* * *

Вот история о природе мироздания, которую кто-то вполне мог бы вам рассказать. Вселенная — чудо. Она была создана Богом в уникальном акте любви. Великолепие космоса, простирающегося на миллиарды световых лет и наполненного бесчисленными звёздами, достигло апогея здесь, на Земле, где появились люди — сознающие существа, каждое из которых — это союз тела и души; существ, способных воспринимать Божью любовь и отвечать на неё взаимностью. Наша земная жизнь — часть гораздо более длительного существования, которое продолжается и после смерти.

Это привлекательная история. Понятно, почему многие готовы в неё поверить и стараются примирить её с научными данными о природе реальности.

А вот другая история. Вселенная — не чудо. Она просто существует, ею никто не руководит, никто её не поддерживает, в ней с исключительной

регулярностью проявляются законы природы. В течение миллиардов лет она естественным путём развивалась из низкоэнтропийного состояния в сторону возрастания сложности, а когда-нибудь перейдёт в абсолютно безликое равновесие. Мы — чудо, мы, люди. Не такое чудо, которое бы нарушало законы физики, мы чудесны и замечательны тем, сколь сложные, сознательные, творческие и неравнодушные существа могли возникнуть в полном соответствии с этими законами. Человеческая жизнь конечна, непредсказуема и неизмеримо драгоценна. Возникнув, мы обогатили мир смыслом и значением.

Это история тоже по-своему очень классная. Она по-своему взыскательная; возможно, не даёт нам всего, что мы хотим, но вполне согласуется с научными данными о природе. Она наделяет нас ответственностью и возможностями, позволяющими сделать жизнь такой, какой мы бы хотели её видеть.

* * *

Поэтический натурализм открывает нам насыщенный и благодарный взгляд на мир, но такая философия требует некоторого мужества, готовности отвергать нерабочие версии. Испытывая энтузиазм от первого публичного признания в атеизме, я был склонен принять идею, что рано или поздно наука решит все наши проблемы, в том числе ответит, почему мы здесь оказались и как нам себя вести. Чем больше я об этом раздумывал, тем менее пылко относился к этой идее; наука описывает мир, но что мы будем делать с научными знаниями — другой вопрос.

Возможно, столкновение с реальностью пробуждает в нас потребность в некой экзистенциальной терапии. Мы плывём в космосе, лишённом всякой цели, осознаём неизбежность смерти, задумываемся о том, что всё это значит. Но мы упрёмся в тупик, лишь если сами этого захотим. Человечество получает аттестат зрелости, оставляет позади удобный порядок вещей, существовавший в детстве, и вынуждено заботиться о себе самостоятельно. Это и страшно, и волнительно, но плоды побед всегда гораздо слаще.

Альбер Камю, французский прозаик-экзистенциалист и философ, отчасти описал этот подход к жизни в своём эссе «Миф о Сизифе». Название связано с древнегреческим мифом о человеке, которого Зевс проклял и обрёк вечно катить на гору камень, откуда тот сразу срывался и падал к подножию. Сизифу приходилось спускаться и вновь катить камень наверх. Этот миф вполне поясняет, какова жизнь во Вселенной, лишённой цели. Но Камю переворачивает очевидную мораль мифа с ног на голову и превращает Сизифа в героя, который создаёт цель сам для себя.

Я оставляю Сизифа у подножия его горы! Ноша всегда найдётся. Но Сизиф учит высшей верности, которая отвергает богов и двигает камни. Он тоже считает, что всё хорошо. Эта вселенная, отныне лишённая властелина, не кажется ему ни бесплодной, ни ничтожной. Каждая крупица камня, каждый отблеск руды на полночной горе составляет для него целый мир. Одной борьбы за вершину достаточно, чтобы заполнить сердце человека. Сизифа следует представлять себе счастливым.

Я не уверен, был ли Сизиф на самом деле счастлив, но, подозреваю, он усматривал смысл в своей задаче и, возможно, относился к подъёму камня с такой гордостью, как никто иной. Мы работаем с тем, что даёт нам жизнь.

Выше в этом эссе Камю называет Вселенную «абсурдной». На самом деле всё совсем наоборот: именно факт столь замечательной познаваемости Вселенной является, пожалуй, её самой интересной особенностью. Этот аспект реальности в конечном итоге столь вознаграждает нас за наши сизифовы муки.

* * *

Работая над последней главой этой книги, размышляя о моей покойной бабушке, вспоминая походы в церковь и на блинчики, я проголодался. Мой организм потребовал пополнить запасы свободной энергии. Под рукой не оказалось ни блинчиков, ни тем более клубничного сиропа, поэтому я пошёл и приготовил одно из любимых блюд моей бабушки, которое она делала на завтрак, — «птичье гнездо». Проще блюда не придумаешь: берёшь стопочку (она в доме бабушки и дедушки всегда находилась), вырезаешь по её донышку круглое отверстие в ломте хлеба, кладёшь это на сковороду и заливаешь туда яйцо. Желток плотно вжаривается в отверстие. Соль, перец, масло по вкусу, всё.

Объеденье. Мне нравится изысканная кухня, и, хотя это блюдо было другого сорта, оно пришлось кстати. Прекрасные воспоминания, простые вкусы и запахи, простое удовольствие стряпни для себя. Это *жизнь* — тонкая плёнка ощутимого, реального восприятия мира.

Я тоскую по бабушке, но не стремлюсь думать, что где-то она живёт до сих пор. Она живёт в воспоминаниях, но когда-нибудь и их не останется. Жизнь изменчивая и преходящая — и это не какая-то её часть, которую мы с неохотой вынуждены принимать, а самая суть, позволяющая нам рассчитывать, что будет дальше. Я бережно отношусь к моим воспоминаниям, надеждам на будущее, ценю жизнь большого мира и ту жизнь, которую провожу сам вместе с женой, — жену я люблю больше, чем все галактики в небесах. Неизменно люблю разгадывать загадки о природе реальности.

У каждого своя жизнь, некоторым выпадут тяготы, о которых другие никогда не узнают. Но все мы живём в одной Вселенной, подчиняемся одним и тем же законам природы, решаем общую фундаментальную задачу — ищем смысл и значение для себя самих и для тех, кто оказался рядом с нами в краткий период, который нам предстоит прожить в этом мире.

Три миллиарда сердцебиений. Часы идут.

Приложение. Уравнение, которое касается каждого из нас

Весь мир, который мы воспринимаем на уровне повседневного опыта, основан на Базовой теории: это квантовая теория поля, описывающая динамику и взаимодействия определённого множества материальных частиц (фермионов) и силовых частиц (бозонов). Базовая теория включает в себя как стандартную модель физики частиц, так и эйнштейновскую общую теорию относительности (в приближении слабого гравитационного поля). Хотя при чтении этой книги данный материал не требуется, в приложении мы очень кратко рассмотрим некоторую специфику упомянутых полей и взаимодействий в рамках Базовой теории. Обсуждение будет сжатым (почти телеграфный стиль), в нём вы встретите множество мудрёных словечек, терминов и странных идей. Считайте приложение дополнительным материалом, который можно либо пропустить, либо прочитать на закуску, раз уж вы добрались до самого конца.

Краеугольным камнем нашей дискуссии будет единственная формула — фейнмановский интеграл по траекториям, описывающий Базовую теорию. В этой формуле содержится всё, что нам известно о квантовой динамике этой модели: какова вероятность того, что при наличии определённой конфигурации полей эти поля впоследствии примут какую-то другую конфигурацию? Если узнать это, то можно рассчитать любые интересующие нас явления, относящиеся к Базовой теории. Такое уравнение заслуживает места на футболке.

* * *

Существует два вида квантовых полей: фермионные и бозонные. Фермионы — это материальные частицы; они занимают место в пространстве, поэтому пол под ногами или стул, на котором вы сидите, твёрдые. Бозоны — это силовые частицы, несущие энергию; они могут нагромождаться друг на друга, порождая макроскопические силовые поля, например гравитационное и электромагнитное. Полный список частиц, согласно Базовой теории, выглядит следующим образом.

Фермионы

1) электрон, мюон, тау (электрический заряд −1);

2) электронное нейтрино, мюонное нейтрино, тау-нейтрино (нейтральные);

3) *u*-кварк, очарованный кварк, топ-кварк (заряд +2/3);

4) *d*-кварк, странный кварк, прелестный кварк (заряд −1/3).

Бозоны

1) гравитон (гравитация; искривление пространства–времени);

2) фотон (электромагнетизм);

3) восемь глюонов (сильное ядерное взаимодействие);

4) *W*- и *Z*-бозоны (слабое ядерное взаимодействие);

5) бозон Хиггса.

В квантовой теории поля требуется не слишком много информации, чтобы описать свойства определённого поля или — что равноценно — частицы, с которой оно связано. У каждой частицы имеются масса и спин. Можно уподобить элементарные частицы маленьким волчкам с той оговоркой, что эти частицы (представляющие собой миниатюрные вибрации квантового поля) на самом деле вообще не имеют размера. Спин — неотъемлемое свойство частицы, а не поворот её «корпуса» вокруг оси. Все частицы, связанные с конкретным полем, обладают одним и тем же спином; так, например, спин всех электронов равен −1/2, а спин всех гравитонов равен −2.

Взаимодействие частиц друг с другом зависит от их *заряда*. Слово «заряд» без уточнений — это краткое обозначение электрического заряда, но другие взаимодействия — гравитация и ядерные силы — также характеризуются зарядами. Заряд частицы позволяет понять, как она взаимодействует с полем, которое связано с соответствующей силой. Так, электроны, имеющие электрический заряд −1, напрямую взаимодействуют с фотонами, которые переносят электромагнитное взаимодействие; нейтрино, чей заряд равен нулю, вообще не вступают в непосредственные взаимодействия с фотонами (но могут взаимодействовать косвенно, поскольку нейтрино вступают в контакт с электронами, а те — с фотонами). Фотоны сами по себе нейтральны, поэтому они не взаимодействуют друг с другом.

Гравитационный «заряд» — это просто энергия частицы, равная произведению массы на скорость света в квадрате, когда частица находится в покое. У каждой отдельной частицы есть гравитационный заряд; Эйнштейн учил, что гравитация универсальна. Все известные нам фермионы проявляют слабое ядерное взаимодействие, то есть они взаимодействуют с *W*- и *Z*-бозонами. Половина известных нам фермионов взаимодействует с глюонами, проявляющими сильное ядерное взаимодействие; эти фермионы называются *кварками*; остальные фермионы такого взаимодействия не проявляют, и мы называем их

лептонами. Существуют *u*-кварки с (электрическим) зарядом +2/3 и *d*-кварки с зарядом −1/3. Сильное взаимодействие — настолько сильное, что кварки и глюоны оказываются упакованы внутри элементарных частиц (например, протонов и нейтронов), поэтому мы никогда не наблюдаем их непосредственно. Заряженные лептоны — это электрон и аналогичные ему более тяжёлые частицы мюон и тау. С каждой из этих частиц связано нейтрино отдельного вида, названные электронное нейтрино, мюонное нейтрино и тау-нейтрино.

Ещё существуют поле Хиггса и связанная с ним частица — бозон Хиггса. Гипотеза о существовании бозона Хиггса была выдвинута в 1960-е годы, а открыть эту частицу удалось на Большом адронном коллайдере в Женеве в 2012 году. Хотя это и бозон, обычно мы не говорим о «силе», связанной с полем Хиггса, — могли бы, но бозон Хиггса столь массивен, что связанная с ним сила исключительно слабая и короткодействующая. Бозон Хиггса замечателен тем, что его поле обладает ненулевым значением даже в вакууме. Все частицы, из которых вы состоите, постоянно купаются в поле Хиггса, и это отражается на их свойствах. Важнее всего, что данное поле наделяет массой кварки и заряженные лептоны, а также *W*- и *Z*-бозоны. Открытие бозона Хиггса было последним штрихом в разработке Базовой теории.

* * *

Представляю, о чём вы думаете: «Да, все эти поля красочные и очаровательные. Но мы хотим наконец увидеть *уравнение*».

Извольте.

$$W = \int_{k<\Lambda} \overbrace{[Dg][DA][D\psi][D\Phi]}^{\text{квантовая механика}} \exp\left\{ i \int d^4x \sqrt{-g} \left[\overbrace{\frac{m_p^2}{2} R}^{\text{пространство–время}} \overbrace{\phantom{\frac{m_p^2}{2}}}^{\text{гравитация}} \right.\right.$$

$$\left.\left. \underbrace{-\frac{1}{4} F^a_{\mu\nu} F^{a\mu\nu}}_{\text{прочие взаимодействия}} + \underbrace{i\bar{\psi}^i \gamma^\mu D_\mu \psi^i + \left(\bar{\psi}^i_L V_{ij} \Phi \psi^j_R + \text{h.c.} \right)}_{\text{материя}} \underbrace{- |D_\mu \Phi|^2 - V(\Phi)}_{\text{Хиггс}} \right] \right\}$$

Суть Базовой теории — законов физики, на которых основана повседневная жизнь, — выражена в одном уравнении. Это уравнение описывает квантовую амплитуду для перехода от одной заданной конфигурации поля к другой, выраженную в виде суммы всех траекторий, которые потенциально могут соединять эти конфигурации

Для того чтобы не противоречить вышеизложенным фактам об устройстве квантовой механики, мне на самом деле следовало бы предложить вам уравнение Шрёдингера, описывающее базовую теорию. Оно показывает, как волновая функция заданной квантовой системы развивается во времени. Однако изложить эту информацию можно разными способами, а тот, что я показал выше, — особенно компактный и красивый (хотя неподготовленному читателю так может не показаться).

Это так называемая *формулировка квантовой механики через интегралы по траекториям*, впервые предложенная Ричардом Фейнманом. Волновая функция описывает суперпозицию всех возможных конфигураций системы, с которой вы работаете. В случае с Базовой теорией конфигурация означает конкретное значение каждого поля в каждой точке пространства. Фейнмановская версия квантовой эволюции (эквивалентная шрёдингеровской, отличается только способ записи) сообщает, с какой вероятностью данная система окажется в конкретной конфигурации в рамках волновой функции, если известно, что в более ранний момент она имела иную конфигурацию в рамках другой волновой функции. Либо можно начать с более поздней волновой функции и отмотать ситуацию назад; фейнмановское уравнение, равно как и шрёдингеровское, является полностью обратимым в лапласовском смысле. В квантовой механике обратимость нарушается, лишь когда мы начинаем наблюдать явления.

Что же представляет собой величина *W*? Это так называемая амплитуда, необходимая для перехода поля из одной конфигурации в другую. Она описывается фейнмановским интегралом по траекториям для всех путей, по которым поля могли бы постепенно развиваться. Если вы когда-либо изучали математический анализ, то, возможно, помните, что интеграл — это способ суммирования бесконечного числа бесконечно малых элементов, например суммирование бесконечно малых областей для определения площади под кривой. В данном случае мы суммируем вклад всех возможных этапов, через которые может проходить поле между начальным и конечным состояниями. Здесь принято говорить о «траектории», по которой может развиваться конфигурация поля.

* * *

Итак, что же именно мы интегрируем (суммируем)? Для каждой потенциальной траектории, по которой может развиваться система, существует вычисляемое нами значение, так называемое *действие*, традиционно обозначаемое буквой *S*. Если система то и дело колеблется, то

её действие будет очень велико; если она развивается более плавно, то действие будет относительно небольшим. Концепция действия наряду с концепцией траектории играет важную роль даже в классической механике; среди всех возможных траекторий, по которым, на наш взгляд, может пойти развитие системы, есть та, которую она действительно принимает (та, что подчиняется классическим законам движения). Говорят, что эта траектория обладает *наименьшим* действием. Любую классическую теорию можно определить, сказав, каково действие системы, а затем уточнив, какие движения минимизируют это действие.

В квантовой механике вновь фигурирует действие, но уже немного в другом варианте. Фейнман предложил подход, согласно которому можно считать, что квантовая система принимает *каждую* траекторию, а не только ту, что допускается классической физикой. Каждую траекторию мы ассоциируем с определённым *фазовым множителем*, $\exp\{iS\}$. Данное выражение означает, что следует взять постоянную, называемую числом Эйлера (e = 2,7181...), и возвести её в степень i (мнимое число, получаемое путём умножения квадратного корня из −1 на действие S для данной траектории).

Фазовый множитель $\exp\{iS\}$ — это комплексное число, у которого есть действительная и мнимая части. Каждая из этих частей в каких-то случаях может быть положительной, а в других — отрицательной. При суммировании для всех траекторий ряда положительных и ряда отрицательных значений результат почти полностью обнуляется и в итоге получается небольшое значение. Исключение представляют случаи, когда ряд близких траекторий обладает очень схожими значениями действия; тогда результат возрастает, а не уменьшается. Это происходит как раз в тех случаях, когда значение действия близко к минимуму, что соответствует именно той траектории, которую допускает классическая физика. Итак, максимальная квантовая вероятность связана с почти классическим вариантом эволюции. Вот почему классическая механика так хорошо моделирует окружающий мир; именно классическое развитие событий приводит к максимально вероятным квантовым переходам.

* * *

Можно разобрать наше уравнение, рассмотрев его по частям.

Рассмотрим ту часть уравнения, которая обозначена как «квантовая механика». Именно здесь амплитуда записывается в виде интеграла (символ ∫), описывающего совокупность полей, а за интегралом следует выражение «exp i...». Учитываемые нами поля указаны в части $[Dg]$ $[DA]$ $[D\psi]$ $[D\Phi]$. Буква D попросту означает: «Это бесконечно малые величины,

которые мы собираемся суммировать в нашем интеграле», а остальные символы обозначают сами поля. Гравитационное поле — это g, другие бозонные силовые поля (электромагнитное поле, поля сильного и слабого ядерного взаимодействия) сгруппированы под символом A, все фермионы вместе обозначены ψ (это греческая буква «пси»), а бозон Хиггса — Φ (это греческая буква «фи»). Обозначение «exp» означает «e в степени ...», i — это квадратный корень из −1, а всё, что следует за i, — это действие S для Базовой теории. Итак, квантовая механика входит в наше уравнение в следующей формулировке: «Интегрируем по всем траекториям, которые могут принимать все поля, то, что получается в результате возведения e в степень i с последующим умножением на действие».

Именно в действии заключено самое интересное. Многие профессиональные учёные, специализирующиеся на физике частиц, тратят значительную часть жизни, выписывая различные возможные действия для разных совокупностей полей. Но все начинают с этого действия, соответствующего Базовой теории.

Действие — это интеграл, охватывающий всё пространство и весь период времени между исходной и конечной конфигурациями. Именно это и выражается в виде $\int d4x$: x означает координаты, отложенные по всем измерениям пространства–времени, а число 4 напоминает, что пространство–время четырёхмерно. Ещё есть дополнительный множитель, скрывающийся под общим обозначением «пространство–время», — это квадратный корень из величины $-g$. Как подсказывает буквенное обозначение величины, этот множитель каким-то образом связан с гравитацией; в частности, эта связь выражается в кривизне пространства–времени. Этот член выражения позволяет учесть тот факт, что объём пространства–времени (который мы интегрируем) зависит от того, как именно искривлено пространство–время.

Каждый член в квадратных скобках — это отдельный вклад в общее действие, обусловленный свойствами тех или иных полей; речь идёт как о свойствах самих полей, так и о свойствах их взаимодействий. Все члены относятся к какой-то из категорий: «гравитация», «прочие взаимодействия», «материя» и «Хиггс».

Термин «гравитация» довольно прост; он отражает первозданную красоту эйнштейновской общей теории относительности. Величина R называется *«скаляр кривизны»*; она характеризует, насколько выражен тот или иной вариант кривизны пространства–времени в конкретной точке. Скаляр кривизны умножается на константу $m_p^2/2$<верхний индекс должен

быть над $p>$, где m_p — планковская масса. Это просто необычный способ выражения ньютоновской гравитационной постоянной G, характеризующей силу тяготения: $m_p^2/2<$верхний индекс должен быть над $p> = 1/(8\pi G)$. Я использую «натуральные единицы»: в этой системе и скорость света, и квантовомеханическая постоянная Планка равны единице. Скаляр кривизны R можно рассчитать на основе гравитационного поля, а действие для общей теории относительности попросту пропорционально интегралу R для области пространства–времени. Минимизировав этот интеграл, получаем эйнштейновское уравнение поля для гравитации.

Далее у нас идёт член под названием «другие взаимодействия», в котором дважды встречается величина F, а также верхние и нижние индексы. F — это *тензор напряжённости поля*, и здесь он включает вклад электромагнетизма, сильного и слабого взаимодействия. В сущности, тензор напряжённости поля сообщает, насколько сильно поле искривляется и вибрирует в пространстве–времени, точно так же, как скаляр кривизны позволяет узнать, насколько искривляется и вибрирует само пространство–время (его геометрия). В случае электромагнетизма тензор напряжённости поля учитывает как электрическое, так и магнитное поле.

Здесь и во всём уравнении верхние и нижние индексы означают различные субвеличины, например конкретное поле, о котором мы говорим (фотонное, глюонное, W- или Z-бозонное), а также часть поля, например «часть электрического поля, ориентированная по оси x». Когда мы видим две величины (например, две величины F в этом члене) с одинаковыми индексами, это означает: «Суммировать все возможности». Такая запись очень компактна, она позволяет скрыть огромную сложность всего за несколькими символами; вот почему всего один член объемлет вклад всех разнообразных силовых полей.

* * *

Всё несколько усложняется, когда мы переходим к части уравнения под названием «материя». Материальные поля соответствуют фермионам и все вместе обозначаются буквой ψ. Как и в случае с бозонами, этот единственный символ означает сразу все фермионы. В первом члене буква ψ встречается дважды: один раз с греческой буквой γ (гамма), а другой раз — с буквой D. Буква γ соответствует матрицам Дирака, предложенным британским физиком Полем Дираком. Матрицы Дирака играют ключевую роль при описании свойств фермионов — в частности, отражают тот факт, что у каждой частицы-фермиона обычно есть античастица. D в данном

случае означает производную поля, то есть скорость его изменения. Итак, данный член решает для фермионов ту же задачу, которую предыдущие члены решали для силовых бозонов: сообщает, насколько поле изменяется в пространстве и во времени. Однако в этой производной есть нечто скрытое (вновь волшебство компактной записи): речь идёт о *связи*, или взаимодействии между фермионами и силовыми бозонами, которое зависит от заряда фермионов. Так, данный член на практике характеризует взаимодействие электрона с протоном.

Следующий член уравнения описывает связь другого типа, возникающую между фермионами и полем Хиггса Φ. В отличие от остального действия Базовой теории взаимодействие между фермионами и полем Хиггса кажется несколько причудливым и непривлекательным. Но вот оно: две буквы ψ и одна буква Φ сообщают нам, что этот член описывает взаимодействие между фермионами и полем Хиггса. Здесь есть две сложные детали. Во-первых, это символ V_{ij} — так называемая матрица смешивания. Эта матрица позволяет отслеживать, как фермионы могут «смешиваться» друг с другом: так, топ-кварк при распаде на самом деле превращается в особую смесь *d*-кварка, странного кварка и *b*-кварка.

Второе осложнение таково: как видите, у одного из фермионных полей есть нижний индекс *L*, а у другого — *R*. Они обозначают поля «левой руки» и «правой руки». Допустим, вы отставили большой палец левой руки вдоль того направления, в котором закручивается вращающаяся частица. Остальные ваши пальцы указывают возможное направление спина; если именно в этом направлении частица и вращается, то она относится к частицам «левой руки», в противном случае — к частицам «правой руки». Данные нижние индексы, появляющиеся в этом члене Базовой теории, указывают, что теория описывает «левую» и «правую» ориентацию по-разному, по крайней мере на субатомном уровне. Эта черта является не только примечательной, но и необходимой, поскольку природа по-разному обращается с лево-ориентированными и право-ориентированными частицами. Когда специалисты по физике частиц впервые обнаружили этот феномен, именуемый *несохранение чётности*, они были поражены, но сегодня этот феномен считается просто одним из ряда явлений, которые возникают при взаимодействии полей.

Последний элемент этого члена «h. c.» означает *эрмитово сопряжение*. Таким необычным способом мы говорим о следующем: первый член представляет собой комплексное число, но действие должно быть представлено действительным числом, поэтому нам понадобится вычесть

из комплексного числа его мнимую часть и получить совершенно реальную величину.

Наконец мы подходим к той части действия, которая касается поля Хиггса *Ф*. Здесь всё довольно просто: первый член является «кинетическим» и показывает, насколько изменяется поле. Второй член является «потенциальным» и демонстрирует, сколько энергии заключено в поле, даже если оно не изменяется. Именно во втором члене заключена вся специфика поля Хиггса. Подобно любому полю, оно стремится покоиться на минимально возможном энергетическом уровне; но в отличие от других известных полей поле Хиггса на таком минимуме не исчезает, а имеет ненулевое значение. Его потенциальная энергия выше при нулевом значении поля, чем при ненулевом. Именно поэтому поле Хиггса присутствует везде, даже в «пустоте», и воздействует на все проходящие через него частицы.

* * *

Вот и вся сущность Базовой теории. Всего одно уравнение сообщает нам, что квантовая амплитуда всей совокупности полей изменяется от некой исходной конфигурации (входящей в состав суперпозиции в рамках волновой функции) до другой, конечной конфигурации.

Известно, что Базовая теория, а значит, и всё уравнение — никак не последнее слово в физике. Во Вселенной существует тёмная материя, не вписывающаяся ни в одно из известных полей. Нейтрино обладают массой, что можно увязать с вышеприведённым уравнением, но пока не доказано экспериментально, что массы нейтрино обусловлены именно теми членами, которые мы в него включили. Более того, практически все физики считают, что нам ещё предстоит открыть новые поля и частицы, но эти частицы и поля должны либо очень слабо взаимодействовать с нами (подобно тёмной материи), либо очень быстро распадаться.

Базовая теория даже не является полной теорией известных нам полей. Эта проблема актуальна, например, для квантовой гравитации. Записанное нами уравнение работает, если гравитационное поле очень слабое, но отказывает при сильной гравитации, например такой, какая существовала вскоре после Большого взрыва или существует в чёрной дыре.

Это нормально. На самом деле ограничения этой теории неотъемлемы от её формулировки. В записи нашего уравнения осталась ещё одна часть, которую мы пока не упомянули: это первый символ интеграла, указывающий, что мы будем суммировать все конфигурации различных полей во времени; под этим символом стоит нижний индекс $k < \Lambda$. Здесь k — *волновое число* конкретной моды поля, а Λ — так называемое

ультрафиолетовое обрезание. Вспомните точку зрения Кена Уилсона, которую мы обсуждали в главе 24: можно считать любое поле комбинацией мод, каждая из которых представляет собой вибрацию с конкретной длиной волны. Волновое число позволяет обозначить эти моды: чем больше k, тем меньше длина волны и, следовательно, тем выше энергия. Итак, данная нотация ограничивает конфигурации полей, которые мы включаем в интеграл по траекториям, — туда попадают лишь поля, которые «вибрируют не слишком активно». Таким образом, речь идёт о низкоэнергетических условиях и слабых взаимодействиях, но уравнение всё равно включает всю чехарду частиц и полей, присутствующих в окружающем нас повседневном мире.

Иными словами, Базовая теория — это эффективная теория поля. Она обладает очень специфической, хорошо определённой областью применения — энергии взаимодействия частиц гораздо ниже ультрафиолетового обрезания Λ, — и мы не утверждаем, что Базовая теория точна за этими пределами. Она позволяет описать гравитационное воздействие Солнца на Землю, но не описывает, что происходило в момент Большого взрыва.

* * *

Можно было бы здесь ещё о многом поговорить, но такой материал относится к университетским курсам по физике. В кратком обзоре, который был здесь вам предложен, естественно, нельзя подробно объяснить все эти концепции человеку, который с ними практически не знаком.

Однако важно понять, что Базовая теория, лежащая в основе нашей повседневной жизни, исключительно точная, строгая и чёткая. В ней нет никакой двусмысленности и некуда вводить важные новые аспекты, которые якобы могли оставаться незамеченными до сегодняшнего дня.

Наука продолжает изучать Вселенную, мы постоянно узнаём что-то новое и, возможно, даже найдём более исчерпывающую теорию в основе Базовой, которая вообще не будет связана с квантовой теорией поля. Но ничто уже не изменит того, что Базовая теория в точности описывает природу в своей области применения. Тот факт, что мы успешно построили такую теорию, — один из величайших триумфов в интеллектуальной истории человечества.

Библиографические источники

В этом разделе приведены библиографические источники цитат, приведённых в тексте, и литература по различным специфическим темам, использованная при написании этой книги. Если, на мой взгляд, не очевидно к какому месту в главе относится библиографическая ссылка, я указываю перед ней слово или фразу для определения темы ссылки. Список составлен в порядке расположения глав, но не для всех глав имеются библиографические ссылки.

Глава 3. Мир движется сам собой

История импульса: *Freely J.* Aladdin's Lamp: How Greek Science Came to Europe through the Islamic World. — New York: Vintage Books, 2010.

Глава 5. Почему это произошло?

Ошибка справедливого мира: *Lerner M. J., Simmons C. H.* (). Observer's Reaction to the "Innocent Victim": Compassion or Rejection? // *Journal of Personality and Social Psychology.* — 1966. — Vol. 4 (2). — 203.

Глава 8. Память и причины

Цитата Рассела: *Russell B.* On the Notion of Cause // *Proceedings of the Aristotelian Society.* — 1913. — Vol. 13. — 1–26.

Глава 14. Планеты убеждений

Дороти Мартин: *Tavris C., Aronson E.* Mistakes Were Made (But Not by Me): Why We Justify Foolish Beliefs, Bad Decisions, and Hurtful Acts. — Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2006.

Глава 15. Соглашаясь с неопределённостью

Катехизис католической церкви: Catechism of the Catholic Church — The Transmission of Divine Revelation. http://www.vatican.va/archive/ccc_css/archive/catechism/p1s1c2a2.htm.

Глава 16. Что мы можем знать о мире, не наблюдая его непосредственно?

Национальная академия наук США на стороне позиции методологического натурализма: *National Academy of Sciences.* Teaching about Evolution and the Nature of Science. — Washington, DC: National Academy Press, 1998.

Huxley A. The Doors of Perception. — London: Chatto&Windus, 1957.

Кархарт-Харрис и Натт: *Halberstadt A., Geyer M.* (2012). Do Psychedelics Expand the Mind by Reducing Brain Activity? // *Scientific American.* — 2012. http://www.scientificamerican.com/article/do-psychedelics-

expand-mind-reducing-brain-activity/.

Глава 17. Кто я?

Национальный католический центр биоэтики: Resources. FAQ. http://www.ncbcenter.org/page.aspx?pid=1287.

Глава 18. Абдукция Бога

Nietzsche F. (1882). The Gay Science / Walter Kaufmann, trans. with commentary. — New York: Vintage Books, 1974.

Глава 19. Много ли мы знаем

Newcomb S. Sidereal Messenger. — 1888. — 7, 65.

Michelson A. A. Speech delivered at the dedication of the Ryerson Physics Lab, University of Chicago. — 1894. Цитируется в *Annual Register.* — 1896. — 159.

Born M. Remarks to visitors to Göttigen University. — 1928. Цитируется в *Hawking, S. W.* A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes. — New York: Bantam, 1988. (Рус. пер.: *Хокинг С.* Краткая история времени: от Большого взрыва до чёрных дыр. — СПб.: «Амфора», 2001. — ISBN 5-94278-564-3.)

Hawking S. W. Is the End in Sight for Theoretical Physics? An Inaugural Lecture. — Cambridge: Cambridge University Press, 1980.

Hume D. An Enquiry Concerning Human Understanding. — 1748 / Перепечатано: Oxford: Oxford University Press, 1999.

Глава 21. Интерпретация квантовой механики

Petersen A. (1963) The Philosophy of Niels Bohr // *Bulletin of the Atomic Scientists.* — 1963. — № 7 (September 1963). — 19.

Глава 22. Базовая теория

Wilczek F. A Beautiful Question: Finding Nature's Deep Design. — New York: Penguin Press, 2015.

Глава 23. Материя, из которой мы состоим

Ограничения на новые взаимодействия: *Long J. C., et al.* Upper Limits to Submillimeter-Range Forces from Extra Space-Time Dimensions // *Nature.* — 2003. — Vol. 421. — 922.

Глава 25. Почему существует Вселенная?

Leibniz G. On the Ultimate Origination of Things. — 1697. Перепечатано в *Philosophical Essays* / R. Ariew, trans. D. Garber, ed. Hackett Classics. — 1989.

Parfit D. Why Anything? Why This? // *London Review of Books.* — 1998. — 20, 24.

Глава 26. Тело и душа

Переписка принцессы Елизаветы с Декартом: *Nye A.* The Princess and

the Philosopher. — Lanham, Maryland: Rowman&Littlefield, 1999.

Глава 27. Смерть — это конец

Опыты по поиску внетелесных переживаний: *Lichfield G.* The Science of Near-Death Experiences // *The Atlantic.* — 2015. — 10 March. http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2015/04/the-science-of-near-death-experiences/386231/.

Глава 28. Вселенная в чашке кофе

Aaronson S., et al. Quantifying the Rise and Fall of Complexity in Closed Systems: The Coffee Automaton. — 2014.

Глава 29. Свет и жизнь

Определение жизни, сформулированное NASA: *Joyce G. F.* The RNA World: Life Before DNA and Protein. — Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

Schrödinger E. What Is Life? — Cambridge: Cambridge University Press, 1944.

Глава 30. Перетекание энергии

Hoffman P. Life's Ratchet: How Molecular Machines Extract Order from Chaos. — New York: Basic Books, 2012.

Глава 31. Спонтанная организация

Schelling T. C. Models of Segregation // *American Economic Review.* — 1969. — Vol. 59 (2). — 488.

Friston K. Life As We Know It // *Journal of the Royal Society Interface.* — 2013. — Vol. 10. — 20130475.

Глава 32. Происхождение и смысл жизни

Watson J. D., Crick H. F. C. A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid // *Nature.* — 1953. — Vol. 171. — 737.

Bartel D. P., Szostak J. W. Isolation of New Ribozymes from a Large Pool of Random Sequences // *Science.* — 1993. — Vol. 261 (5127). — 1411.

Lincoln, T. A., Joyce G. F. Self-Sustained Replication of an RNA Enzyme // *Science.* — Vol. 323 (5918). — 1229.

Hoyle F. Hoyle on Evolution // *Nature.* — 1981. — Vol. 294 (5837). — 105.

Глава 33. Самонастройка эволюции

Эксперимент Ленски: *Barrick J. E., et al.* Genome Evolution and Adaptation in a Long-Term Experiment with Escherichia Coli // *Nature.* — 2009. — Vol. 461 (7268). — 1243.

Глава 34. Пробираясь по ландшафту

Эволюция как поисковая стратегия: *Chastain E., et al.* Algorithms, Games, and Evolution // *Proceedings of the National Academy of Sciences.* —

2014. — Vol. 111 (29). — 10620.

Робот Робби: *Mitchell M.* Complexity: A Guided Tour. — Oxford: Oxford University Press, 2009.

Уменьшаемая сложность мышеловки: *McDonald J. A.* A Reducibly Complex Mousetrap. http://udel.edu/~mcdonald/mousetrap.html.

Fidelibus A. Mousetrap Evolution through Natural Selection. http://www.fidelibus.com/mousetrap/.

Dagg J. L. Exploring Mouse Trap History // *Evolution: Education and Outreach.* — 2011. — Vol. 4. — 397.

Глава 35. Эмерджентная цель

Заявление NABT и письмо Смит/Плантинга: Science and Religion, Methodology and Humanism | NCSE. http://ncse.com/religion/science-religion-methodology-humanism.

Plantinga A. Where the Conflict Really Lies: Science, Religion, and Naturalism. — Oxford: Oxford University Press, 2011.

Глава 36. Всё ради нас?

Adams F. C. Stars in Other Universes: Stellar Structure with Different Fundamental Constants // *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics.* — 2008. — Vol. 8. — 010.

Глава 37. Ползком к сознанию

MacIver M. A. Neuropathology: From Morphological Computation to Planning / P. Robbins and M. Aydede // The Cambridge Handbook of Situated Cognition. — Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Becker E. The Denial of Death. — New York: Free Press, 1975.

Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. — New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.

Eagleman D. Incognito: The Secret Lives of the Brain. — New York: Pantheon, 2011.

Цитата Бриджмена: On the Evolution of Consciousness and Language: Target Article on Consciousness // *Psycoloquy.* — Vol. 3(15). http://www.cogsci.ecs.soton.ac.uk/cgi/psyc/newpsy?3.15.

Воображение и воспоминание: *Schacter D. L., Addis D. R., Buckner R. L.* Remembering the Past to Imagine the Future: The Prospective Brain // *Nature Reviews Neuroscience.* — 2007. — Vol. 8. — 657.

Tulving E. Episodic Memory and Autonoesis: Uniquely Human? // The Missing Link in Cognition: Origins of Self-Reflective Consciousness / H. S. Terrace and J. Metcalfe. — Oxford: Oxford University Press, 2005

Глава 38. Бормочущий мозг

Воспоминания у мышей: *de Lavilléon G., et al.* Explicit Memory Creation

during Sleep Demonstrates a Causal Role of Place Cells in Navigation // *Nature Neuroscience.* — 2015. — Vol. 18. — 493.

Пациенты под наркозом: *Casali A. G., et al.* A Theoretically Based Index of Consciousness Independent of Sensory Processing and Behavior // *Science Translational Medicine.* — 2013. — 198RA105.

Цитата Данте Чиалво: *Ouellette J.* A Fundamental Theory to Model the Mind // *Quanta Magazine.* — 2014. https://www.quantamagazine.org/20140403-a-fundamental-theory-to-model-the-mind/.

Восстанавление образов с использованием фМРТ: *Nishimoto S., et al.* Reconstructing Visual Experiences from Brain Activity Evoked by Natural Movies // *Current Biology.* — 2011. — Vol. 21. — 1641.

Бред Капгра: *Passer K. M., Warnock J. K.* Pimozide in the Treatment of Capgras' Syndrome. A Case Report // *Psychosomatics.* — 1991. — Vol. 32 (4). — 446–48.

Глава 39. Каково это — мыслить?

Heinlein R. A. The Moon Is a Harsh Mistress. — New York: G. P. Putnam's Sons, 1966.

Turing A. Computing Machinery and Intelligence // *Mind.* — 1950. — Vol. LIX (236). — 433–460.

Searle J. Minds, Brains, and Programs // *Behavioral and Brain Sciences.* — 1980. — Vol. 3 (3). — 417–457.

Cole D. The Chinese Room Argument // *Stanford Encyclopedia of Philosophy.* — 2004. http://plato.stanford.edu/entries/chinese-room/.

Удаление однго нейрона: *Chalmers D.* A Computational Foundation for the Study of Cognition. http://consc.net/papers/computation.html.

Dennett D. C. The Intentional Stance. — Cambridge, MA: MIT Press, 1987.

Крысы: Rats Dream Path to a Brighter Future // *ScienceDaily.* http://www.sciencedaily.com/releases/2015/06/150626083433.htm.

Леонардо в лаборатории Брезел: Leonardo — Social Cognition // *Personal Robots Group.* http://robotic.media.mit.edu/portfolio/leonardo-social-cognition/.

Глава 40. Трудная проблема

Nagel T. Mind and Cosmos: Why the Materialist Neo-Darwinian Conception of Nature Is Almost Certainly False. — Oxford: Oxford University Press, 2012.

Churchland P. цитируется в *Ouellette J.* Me, Myself, and Why: Searching for the Science of Self. — New York: Penguin Books, 2014. — P. 256.

Hankins P. The Shadow of Consciousness. — 2015.

Jackson F. Epiphenomenal Qualia // *Philosophical Quarterly.* — 1982. — Vol. 32. — 127–36.

Jackson F. Mind and Illusion // Minds and Persons / Anthony O'Hear, ed. — Cambridge: Cambridge University Press, 2003. — P. 251–271.

Глава 41. Зомби и сюжеты

Chalmers D. The Conscious Mind. — Oxford: Oxford University Press, 1996.

Putnam H. Mind, Language, and Reality: Philosophical Papers / Vol. 2. Chapter 42. "Are Photons Conscious?" — Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

Chalmers D. How Do You Explain Consciousness? // *TED Talk 18:37.* — 2014. https://www.ted.com/talks/david_chalmers_how_do_you_explain_consciousness.

Fisher M. P. A. Quantum Cognition: The Possibility of Processing with Nuclear Spins in the Brain // *Annals of Physics.* — 2015. — Vol. 362. — 593–602.

Penrose R. The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics. — Oxford: Oxford University Press, 1989.

Aaronson S. Quantum Computing Since Democritus. — Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

Глава 43. Что на что воздействует?

Fodor J. Making Mind Matter More / A Theory of Content and Other Essays. — Cambridge, MA: Bradford Book/MIT Press, 1990.

Глава 44. Свобода выбора

Libet B. Unconscious Cerebral Initiative and the Role of Conscious Will in Voluntary Action // *The Behavioral and Brain Sciences.* — 1985. — Vol. 8. — 529.

Пациент с опухолью: Brain Damage, Pedophilia, and the Law — Neuroskeptic // *Neuroskeptic.* — 2009. — 23 November. http://blogs.discovermagazine.com/neuroskeptic/2009/11/23/brain-damage-pedophilia-and-the-law/.

Глава 45. Три миллиарда сердцебиений

Druyan A. Skeptical Inquirer. — 2003. — Vol. 27. — 6.

West G. B., Woodruff W. H., Brown J. H. Allometric Scaling of Metabolic Rate from Molecules and Mitochondria to Cells and Mammals // *Proceedings of the National Academy of Sciences.* — 2002. — Vol. 99 (suppl 1). — 2473.

Глава 46. Что есть и что должно быть

Hume D. A Treatise of Human Nature. — Mineola, New York: Courier Corporation. — 2012.

Feynman R. P. Surely You're Joking, Mr. Feynman! Adventures of a Curious Character. — New York: W. W. Norton, 1985.

Searle J. How to Derive «Ought» from «Is» // *The Philosophical Review.* — 1964. — Vol. 73. — 43.

Глава 47. Правила и следствия

Kierkegaard S. Kierkegaard's Writings, VI: Fear and Trembling/Repetition (Vol. 6). — Princeton, NJ: Princeton University Press, 2013.

Greene J. D., et al. An fMRI Investigation of Emotional Engagement in Moral Judgment // *Science.* — 2001. — Vol. 293 (5537). — 2105.

Brosnan S. F., de Waal F. B. M. Monkeys Reject Unequal Pay // *Nature.* — 2003. — Vol. 425. — 297.

Brosnan S. F., et al. Mechanisms Underlying Responses to Inequitable Outcomes in Chimpanzees, Pan troglodytes // *Animal Behavior.* — 2010. — Vol. 79. — 1229.

Street S. What Is Constructivism in Ethics and Metaethics? // *Philosophy Compass.* — 2010. — Vol. 5 (5). — 363.

Глава 48. Создание доброты

Wheatley T., Haidt J. Hypnotically Induced Disgust Makes Moral Judgments More Severe // *Psychological Science.* — 2005. — Vol. 16. — 780.

Тертуллиан: Ante-Nicene Fathers/Volume III/Apologetic/Apology/Chapter XLV // *Wikisource, the Free Online Library.* http://en.wikisource.org/wiki/Ante-Nicene_Fathers/Volume_III/Apologetic/Apology/Chapter_XLV.

Глава 49. Слушая мир

Barnes J. A History of the World in 10 1/2 Chapters. — Vintage Canada, 2012.

Sapolsky R. M., Share L. J. A Pacific Culture among Wild Baboons: Its Emergence and Transmission // *PLOS Biology.* — 2004. — Vol. 2. — 0534.

Taylor S. E., Brown J. D. Illusion and Well-Being: A Social Psychological Perspective on Mental Health // *Psychological Bulletin.* — 1988. — Vol. 103 (2). — 193.

Глава 50. Экзистенциальная терапия

Camus A. The Myth of Sisyphus, and Other Essays. — New York: Vintage Books, 1955.

Литература для дальнейшего чтения

Часть I: Космос

Adams F., Laughlin G. The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity. — New York: Free Press, 1999. (Рус. пер.: *Адамс Ф., Лафлин Г.* Пять возрастов Вселенной: в глубинах физики вечности. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005.)

Albert D. Z. Time and Chance. — Cambridge, MA: Harvard University Press, 2003.

Carroll S. From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time. — New York: Dutton, 2010. (Рус. пер.: *Кэрролл Ш.* Вечность: в поисках окончательной теории времени. — СПб: Питер, 2017.)

Feynman R. P. The Character of Physical Law. — Cambridge, MA: MIT Press, 1967.

Greene B. The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality. — New York: Knopf, 2004. (Рус. пер.: *Грин Б.* Ткань космоса. Пространство, время и текстура реальности. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — ISBN 978-5-397-01966-8.)

Guth A. H. The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins. — Reading: Addison-Wesley, 1997.

Hawking S. W., Mlodinow L. The Grand Design. — New York: Bantam, 2010.

Pearl J. Causality: Models, Reasoning, and Inference. — Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Penrose R. The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe. — New York: Knopf, 2005.

Weinberg S. To Explain the World: The Discovery of Modern Science. — New York: HarperCollins, 2015.

Часть II: Понимание

Ariely D. Predictably Irrational: The Hidden Forces That Shape Our Decisions. — New York: HarperCollins, 2008.

Dennett D. C. Intuition Pumps and Other Tools for Thinking. — New York: W. W. Norton, 2014.

Gillett C., Lower B., eds. Physicalism and Its Discontents. — Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

Kaplan E. Does Santa Exist? A Philosophical Investigation. — New York: Dutton, 2014.

Rosenberg A. The Atheist's Guide to Reality: Enjoying Life without Illusions. — New York: W. W. Norton, 2011.

Sagan C. The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark. — New York: Random House, 1995.

Silver N. The Signal and the Noise: Why So Many Predictions Fail — But Some Don't. — New York: Penguin Press, 2012.

Tavris C., Aronson E. Mistakes Were Made (But Not by Me): Why We Justify Foolish Beliefs, Bad Decisions, and Hurtful Acts. — Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2006.

Часть III: Сущность

Aaronson S. Quantum Computing Since Democritus. — Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

Carroll S. The Particle at the End of the Universe: How the Hunt for the Higgs Boson Leads Us to the Edge of a New World. — New York: Dutton, 2012.

Deutsch D. The Fabric of Reality: The Science of Parallel Universes and Its Implications. — New York: Viking Press, 1997.

Gefter A. Trespassing on Einstein's Lawn: A Father, a Daughter, the Meaning of Nothing, and the Beginning of Everything. — New York: Bantam, 2014.

Holt J. Why Does the World Exist? An Existential Detective Story. — New York: Liveright, 2012.

Musser G. Spooky Action at a Distance: The Phenomenon That Reimagines Space and Time — and What It Means for Black Holes, the Big Bang, and Theories of Everything. Scientific American — New York: Farrar, Straus and Giroux, 2015.

Randall L. Knocking on Heaven's Door: How Physics and Scientific Thinking Illuminate the Universe and the Modern World. — New York: Ecco, 2011.

Wallace D. The Emergent Multiverse: Quantum Theory according to the Everett Interpretation. — Oxford: Oxford University Press, 2014.

Wilczek F. A Beautiful Question: Finding Nature's Deep Design. — New York: Penguin Press, 2015.

Часть IV: Сложность

Bak P. How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. — New York: Copernicus, 1996.

Cohen E. Cells to Civilizations: The Principles of Change That Shape Life. — Princeton, NJ: Princeton University Press, 2012.

Coyne J. Why Evolution Is True. — New York: Viking Press, 2009.

Dawkins R. The Blind Watchmaker: Why the Evidence of Evolution Reveals a Universe without Design. — New York: W. W. Norton, 1986.

Dennett D. C. Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life. — New York: Simon & Schuster, 1995.

Hidalgo C. Why Information Grows: The Evolution of Order, from Atoms to Economies. — New York: Basic Books, 2015.

Hoffman P. Life's Ratchet: How Molecular Machines Extract Order from Chaos. — New York: Basic Books, 2012.

Krugman P. The Self-Organizing Economy. — Malden: Wiley-Blackwell, 1996.

Lane N. The Vital Question: Energy, Evolution, and the Origins of Complex Life. — New York: W. W. Norton, 2015.

Mitchell M. Complexity: A Guided Tour. — Oxford: Oxford University Press, 2009.

Pross A. What Is Life? How Chemistry Becomes Biology. — Oxford: Oxford University Press, 2012.

Rutherford A. Creation: How Science Is Reinventing Life Itself. — New York: Current, 2013.

Shubin N. Your Inner Fish: A Journey into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body. — New York: Pantheon, 2008.

Часть V: Мышление

Alter T., Howell R. J. A Dialogue on Consciousness. — Oxford: Oxford University Press, 2009.

Chalmers D. J. The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory. — Oxford: Oxford University Press, 1996.

Churchland P. S. Touching a Nerve: The Self as Brain. — New York: W. W. Norton, 2013.

Damasio A. Self Comes to Mind: Constructing the Conscious Brain. — New York: Pantheon, 2010.

Dennett D. C. Consciousness Explained. — New York: Little, Brown & Co, 1991.

Eagleman D. Incognito: The Secret Lives of the Brain. — New York: Pantheon, 2011.

Flanagan O. The Problem of the Soul: Two Visions of Mind and How to Reconcile Them. — New York: Basic Books, 2003.

Gazzaniga M. S. Who's In Charge? Free Will and the Science of the Brain. — New York: Ecco, 2011.

Hankins P. The Shadow of Consciousness. — 2015.

Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. — New York: Farrar, Straus and

Giroux, 2011.

Tononi G. Phi: A Voyage from the Brain to the Soul. — New York: Pantheon, 2012.

Часть VI: Забота

de Waal F. The Bonobo and the Atheist: In Search of Humanism among the Primates. — New York: W. W. Norton, 2013.

Epstein G. M. Good without God: What a Billion Nonreligious People Do Believe. — New York: William Morrow, 2009.

Flanagan O. The Really Hard Problem: Meaning in a Material World. — Cambridge, MA: MIT Press, 2007.

Gottschall J. The Storytelling Animal: How Stories Make Us Human. — Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2012.

Greene J. Moral Tribes: Emotion, Reason, and the Gap between Us and Them. — New York: Penguin Press, 2013.

Johnson C. A Better Life: 100 Atheists Speak Out on Joy & Meaning in a World without God. — Cosmic Teapot, 2014.

Kitcher P. The Ethical Project. — Cambridge, MA: Harvard University Press, 2011.

Lehman J., Shemmer Y. Constructivism in Practical Philosophy. — Oxford: Oxford University Press, 2012.

May T. A Significant Life: Human Meaning in a Silent Universe. — Chicago: University of Chicago Press, 2015.

Ruti M. The Call of Character: Living a Life Worth Living. — New York: Columbia University Press, 2014.

Wilson E. O. The Meaning of Human Existence. — New York: Liveright, 2014.