

## Дэвид Дойч. Структура реальности

Книга британского физика и философа Дэвида Дойча, одного из создателей концепции квантовых вычислений, наглядно демонстрирует, что эпоха великих философских систем вовсе не осталась в прошлом. Автор выстраивает целостный и согласующийся с научными знаниями ответ на один из самых фундаментальных философских вопросов: какова подлинная природа реальности. *Структура реальности* по Дойчу сплетается из четырех основных нитей. Это квантовая механика с ее множественными мирами, эпистемология Карла Поппера, раскрывающая путь научного знания; основанная Тьюрингом теория вычислений; и, наконец, теория эволюции, объясняющая развитие не только жизни, но и цивилизации.

Дэвид Дойч. Структура реальности. – М.: Альпина нон-фикшн, 2017. – 430 с.



Купить цифровую книгу в [ЛитРес](#), бумажную книгу в [Ozon](#) или [Лабиринте](#)

Главная цель этой книги – не защищать приведенные в ней теории, а исследовать, какой была бы структура реальности, если бы эти теории оказались истинными.

### Глава 1. Теория Всего

Одно из самых ценных, значимых и полезных качеств человеческой мысли – ее способность открывать и объяснять структуру реальности. Однако некоторые философы, и даже ученые, недооценивают роль объяснения в науке. Для них основная цель научной теории заключается не в объяснении чего-либо, а в предсказании результатов экспериментов. Такой взгляд называется *инструментализмом* (поскольку в этом случае теория – всего лишь «инструмент» для предсказания).

[Стивен Вайнберг](#), явно говорил с позиций инструментализма, когда следующим образом прокомментировал объяснение гравитации Эйнштейном: «Важно иметь возможность предсказать картины звездного неба на фотоснимках астрономов, частоту спектральных линий и т.п., а то, припишем ли мы эти прогнозы физическому воздействию гравитационных полей на движение планет и фотонов [как это было в физике до Эйнштейна] или искривлению пространства и времени, просто не имеет значения.»

На мой взгляд, прежде всего важны объяснительные возможности теории, а уж потом, в качестве дополнения, – ее предсказательные возможности. Крайняя форма инструментализма, называемая *позитивизм* утверждает, что все положения, отличные от тех, которые описывают или предсказывают наблюдения, не только излишни, но и бессмысленны. Сказать, что предсказание – цель научной теории, значит перепутать средства и цели.

Проведение экспериментальных исследований – это лишь один из многих процессов, которые должна осуществить теория для достижения истинной цели науки, которая заключается в объяснении мира. Понимание – это одна из высших функций человеческого мозга и разума, и эта

функция уникальна. Многие другие физические системы, например, мозг животных, компьютеры и другие машины, могут сравнивать факты и действовать в соответствии с ними. Но в настоящее время мы не знаем ничего, кроме человеческого разума, что было бы способно понять объяснение или желало бы получить его прежде всего.

Вопрос о том, сложнее или проще становится понять все, что понято, зависит от равновесия двух противоположных результатов роста знания: расширения и углубления наших теорий. Из-за расширения наших теорий понять их сложнее, из-за углубления – проще. Одно из положений этой книги состоит в том, что углубление медленно, но уверенно побеждает. Мы не удаляемся от состояния, когда один человек способен понять все, что понято, мы приближаемся к нему.

Я полагаю, еще один ошибочный взгляд на природу науки, который не одобряют многие научные критики, но (увы!) одобряют многие ученые: наука по существу является редукционной. Это все равно, что сказать, что наука сомнительно упрощает все объяснения, раскладывая их на составляющие. Концепция редукционистов естественно приводит к созданию иерархии предметов и теорий в соответствии с тем, насколько они близки к «самому низкому уровню» известных предсказательных теорий.

Явления высокого уровня с понятными фактами, которые нельзя просто вывести из теорий низкого уровня, называются исходящими явлениями. Цель наук высокого уровня – дать нам возможность понять исходящие явления.

Противоположность редукционизма – *холизм*, идея о том, что единственно правильные объяснения составлены на основе систем высокого уровня, – еще более ошибочна, чем редукционизм. Чего ожидают от нас холисты? Того, что мы прекратим наши поиски молекулярного происхождения болезней? Что мы откажемся от того, что люди состоят из дробноатомных частиц? Там, где существуют упрощенные объяснения, они столь же желанны, как любые другие. Там, где целые науки упрощаются до наук низкого уровня, мы, ученые, обязаны найти эти упрощения, так же как обязаны открывать любое знание.

Я считаю, структура научного объяснения не отражает иерархию редукционистов. Объяснения существуют на каждом уровне иерархии. Многие из них независимы и относятся только к понятиям конкретного уровня

В физике существует две теории, значительно более глубокие, чем остальные. Первая – это общая теория относительности, по-моему, наша лучшая теория пространства, времени и гравитации. Вторая – еще более глубокая – квантовая теория. Квантовая теория является одной из четырех основных нитей, образующих наше настоящее понимание структуры реальности.

Редукционизм принимает не только то, что объяснение всегда состоит из разделения системы на более маленькие и простые системы, но и то, что все поздние события объясняются на основе ранних; другими словами, единственный способ что-то объяснить – сформулировать причины этого. Но большая часть нашего знания существует в форме теорий высокого уровня об исходящих явлениях и, следовательно, по определению практически не поддается выражению в виде формулировок начального состояния. Например, в большей части решений уравнений движения Вселенная в своем начальном состоянии не обладает свойствами, необходимыми для появления жизни. Следовательно, наше знание того, что жизнь появилась, – значительная часть дополнительных данных.

Таким образом, характер многих наших описаний, предсказаний и объяснений реальности не имеет ничего общего с теорией «начального состояния», к которой приводит редукционизм. Структура реальности состоит не только из составляющих редукционизма, как-то: пространство, время и дробноатомные частицы, – но и из жизни, мыслей, вычислений и многого другого,

Три другие основные нити объяснения, через которые мы стремимся понять структуру реальности, относятся к «высокому уровню» с точки зрения квантовой теории. Это теория эволюции (первоначально эволюции живых организмов), эпистемология (теория познания) и теория вычисления (о вычислительных машинах и о том, что они могут вычислить, а что не могут). Между основными принципами этих четырех, на первый взгляд, независимых предметов были обнаружены такие глубокие и разнообразные связи, что наилучшим образом понять один из них, не понимая три оставшиеся, стало невозможно.

## Глава 2. Тени

Представьте себе, что в темной комнате, где нет других источников света, включили электрический фонарик. Около фонарика свет наиболее яркий, а по мере удаления от него свет тускнеет, так как луч расширяется, чтобы осветить все большую площадь. На расстоянии примерно 10 000 км свет фонарика станет слишком слабым, чтобы человеческий глаз мог его различить, и наблюдатель ничего не увидит.

Глаз лягушки в несколько раз чувствительнее человеческого: этого как раз достаточно, чтобы эксперимент принес существенно иной результат. Если наблюдателем будет лягушка и она будет удаляться от электрического фонарика, момент, когда она полностью потеряет его из вида, никогда не наступит. Вместо этого лягушка увидит, что фонарик начал мигать. Вспышки будут видны через неравные промежутки времени, которые будут увеличиваться по мере удаления лягушки от фонарика. А вот яркость каждой отдельной вспышки не будет меньше. На расстоянии 100 млн. км от фонарика лягушка будет видеть в среднем только одну вспышку света в день, но эта вспышка будет столь же яркой, как и наблюдаемая с любого другого расстояния. Каждая вспышка, которую видит лягушка, вызвана фотоном, воздействующим на сетчатку ее глаз (рис. 1).

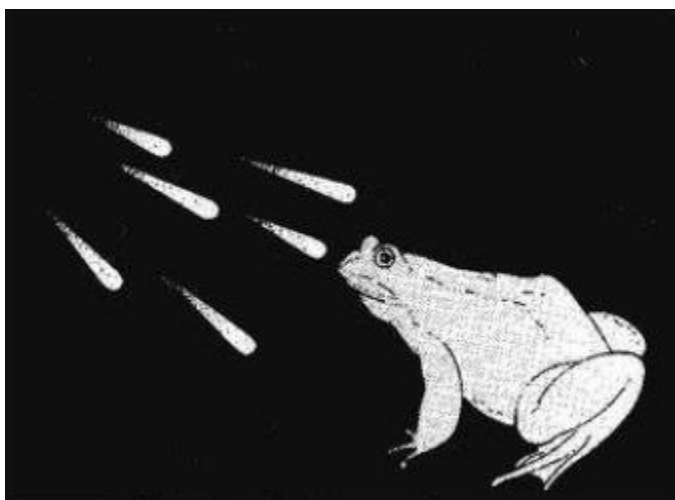


Рис. 1. Лягушки могут видеть отдельные фотоны

Свойство появления света в виде шариков дискретных размеров называется квантованием. Отдельный шарик, фотон, называется квантом. Квантовая теория получила свое название от этого свойства, которое она приписывает всем измеримым физическим величинам. В физике в принципе не существует измеримых непрерывных величин.

Предположим, что свет фонарика проходит через два последовательных маленьких отверстия в светонепроницаемых экранах и падает затем на третий экран (рис. 2). Если уменьшать диаметр отверстий и увеличивать расстояние между экранами, превратится ли конус между вторым и третьим экранами в тонкую прямую линию?

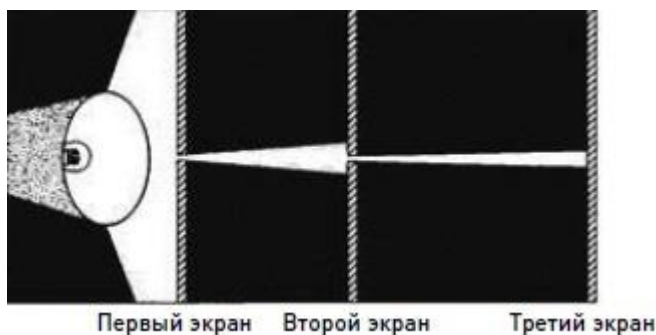


Рис. 2. Получение узкого луча света, проходящего через два последовательных отверстия

Оказывается, что нет! Чем меньше диаметр отверстия, тем сильнее свет уклоняется от прямолинейного пути. Появляются сложные картины света и тени.

На рис. 3 показана часть картины теней (на третьем экране), создаваемой на расстоянии 3 м двумя прямыми параллельными щелями в светонепроницаемой перегородке второго экрана. Щели находятся на расстоянии 0,2 мм друг от друга и освещаются нерасходящимся красным лучом лазера. (Для облегчения восприятия я несколько упростил описание. – Прим. Багузина; популярное объяснение можно найти в Интернете, по запросу *квантовая физика эксперимент с двумя щелями*, например, [здесь](#)).



Рис. 3. Тень, отбрасываемая перегородкой с двумя прямыми параллельными щелями

Если бы свет распространялся прямолинейно, то на рис. 3 мы бы увидели две ярких полосы с резкими границами, расположенные на расстоянии 0,2 мм друг от друга, а остальная часть экрана осталась бы в тени. Но в действительности свет искривляется так, что образует много ярких и темных полос без резких границ.

Но самое интересное происходит, если мы прорежем в перегородке еще пару щелей, сдвинув их на половину расстояния между первыми двумя, так что получится четыре щели, разделенные расстоянием в 0,1 мм (рис. 4). Некоторые ранее освещенные участки, стали темными! Это остается неизменным, даже если эксперимент проводят с отдельными частицами. Цепочка рассуждений, основанных на этом факте, исключает возможность того, что вселенная, окружающая нас, – это вся реальность. В действительности, вся физическая реальность, мультиверс, содержит огромное количество параллельных вселенных. (Замечу, что это не единственное объяснение, которое используют ученые. Правда, довольно популярное. – Прим. Багузина).

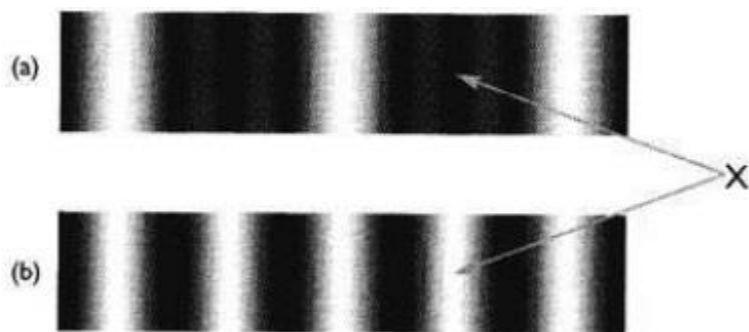


Рис. 4. Тени, отбрасываемые перегородкой с (а) четырьмя и (b) двумя параллельными щелями (повторен рис. 3 для сравнения)

### Глава 3. Решение проблем

Предполагается, что теорию открывают, «экстраполируя» или «обобщая» результаты наблюдений. Тогда, если множество наблюдений соответствует теории и ни одно из них не отклоняется от нее, теорию считают доказанной – более верной, вероятной или надежной (рис. 5).



Рис. 5. Схема индукции

Однако, индуктивное представление о науке глубоко ложно. Более того, даже простые предсказания нельзя доказать с помощью результатов наблюдений, как показал в своей истории о цыпленке Бертран Рассел (см. [Бертран Рассел. Человеческое познание, его сферы и границы](#); много лет спустя эту историю популяризировал Нассим Талеб в [Черном лебеде](#). – Прим. Багузина). Цыпленок заметил, что фермер каждый день приходит, чтобы накормить его. Это говорило о том, что фермер будет продолжать каждый день приносить еду. Индуктивисты полагают, что цыпленок «экстраполировал» свои наблюдения в теорию, и каждый раз, когда его кормят, эта теория получает все больше доказательств. Затем однажды пришел фермер и свернул цыпленку шею. Разочарование, которое

испытал цыпленок Рассела, испытали триллионы других цыплят. Это индуктивно доказывает вывод, что индукция не может доказать ни одного вывода!

На самом деле, экстраполировать наблюдения невозможно, пока их не поместят в рамки объяснений. Наблюдения не могут играть ни одну роль, которую им приписывает схема индуктивизма, даже в отношении простых предсказаний, не говоря уже о настоящих объяснительных теориях. К счастью, общепринятую теорию научного познания, которая своей современной формулировкой обязана главным образом философу Карлу Попперу в этом смысле действительно можно считать объяснительной теорией. Она рассматривает науку как процесс решения задач.

Таким образом, в противовес схеме индукции (см. рис. 5), научное открытие не должно начинаться с результатов наблюдений. Но оно всегда начинается с задачи. Под «задачей» я понимаю не обязательно практическую трудную ситуацию или источник трудностей. Я имею в виду набор идей, который выглядит неадекватным и который стоит попытаться усовершенствовать (рис. 6).



Рис. 6. Процесс решения задачи

При решении задачи мы ищем новые или усовершенствованные теории, которые содержат объяснения без недостатков, но сохраняют достоинства существующих теорий. Структура научных гипотез направлена на нахождение объяснений, предсказания которых можно проверить экспериментально. В идеале мы всегда ищем решающие экспериментальные проверки – эксперименты, результат которых, каким бы он ни был, заявит о несостоятельности одной или нескольких конкурирующих теорий.

Здесь я должен упомянуть об асимметрии, которая очень важна в философии и методологии науки: асимметрии между экспериментальным опровержением и экспериментальным подтверждением. Тогда как неправильное предсказание автоматически переводит лежащее в его основе объяснение в разряд неудовлетворительных, правильное предсказание вообще ничего не говорит об объяснении, лежащем в его основе.

Процесс получения решений изначально сложен. Эволюция или метод проб и ошибок – особенно сконцентрированная, целенаправленная форма этого метода, называемая научным открытием, – единственный способ осуществить это. Именно по этой причине Поппер назвал свою теорию о том, что знание может увеличиться только через гипотезы и опровержения, эволюционной эпистемологией.

Давайте сравним рисунки 5 и 6. Посмотрите, насколько отличаются эти две концепции научного процесса. Индуктивизм основывается на наблюдениях и предсказаниях, тогда как наука в действительности основывается на задачах и объяснениях. Индуктивизм предполагает, что теории каким-то образом извлекают или получают из наблюдений, или доказывают с помощью наблюдений, тогда как в действительности теории начинаются с недоказанных гипотез, возникших в чьем-то разуме и, как правило, предшествующих наблюдениям. Индуктивизм – опасный источник повторяющихся ошибок разного рода потому что на первый взгляд, он весьма правдоподобен. Но это не так.

#### Глава 4. Критерии реальности

Великий физик Галилео Галилей, которого также можно считать первым физиком в современном смысле, сделал много открытий не только в самой физике, но и в методологии науки. Говоря его словами: «Книга Природы написана математическими символами». Это было сознательное сравнение с той другой Книгой, на которую традиционно полагались.

Галилео понимал, что если его метод действительно надежен, то, где бы его ни применяли, его выводы всегда будут более предпочтительны, чем все остальные, полученные с помощью других методов. Поэтому он настаивал, что научное рассуждение превосходит не только интуицию и здравый смысл, но и религиозные доктрины и откровения. Именно эту идею, а не гелиоцентрическую теорию, как таковую, власти сочли опасной.



Буквально в природе невозможно «прочитать» и частицы теории: это ошибка индуктивизма. Но там есть нечто другое: свидетельства, или, выражаясь более точно, реальность, которая предоставляет нам эти свидетельства, если мы взаимодействуем с ней должным образом. Если нам дана крупница теории или даже крупницы нескольких конкурирующих теорий, мы можем использовать результаты наблюдений, чтобы сделать выбор.

## Глава 5. Виртуальная реальность

Виртуальная реальность (рис. 7) связана с получением логически возможных, внешних ощущений (верхняя левая часть таблицы). Я определяю репертуар генератора виртуальной реальности как набор реальных или вымышленных сред, ощущение нахождения в которых пользователя можно запрограммировать.

	Логически возможные впечатления		Логически невозможные впечатления
	Физически возможная среда	Физически невозможная среда	
Внешние впечатления	Например, пилотирование самолета	Например, полет быстрее скорости света	Например, разложение простого числа на сомножители
Внутренние впечатления	Например, гордость своими пилотскими качествами	Например, восприятие цветов вне видимого диапазона	Например, бессознательное состояние

Рис. 7. Классификация ощущений с примерами

Виртуальная реальность – это не просто технология моделирования поведения физических сред с помощью компьютеров. Возможность существования виртуальной реальности – важная черта структуры реальности. Это основа не только вычислений, но и человеческого воображения, внешних ощущений, науки и математики, искусства и вымысла.

## Глава 6. Универсальность и пределы вычислений

Рассматривая всевозможные трюки – стимуляцию нервов, остановку и запуск мозга и т.д. – мы смогли представить физически возможный генератор виртуальной реальности, репертуар которого охватывает весь сенсорный диапазон. Кроме того, этот генератор полностью интерактивен и не ограничен ни скоростью, ни емкостью памяти своего компьютера. Существует ли что-либо, что не входит в репертуар такого генератора виртуальной реальности? Возможно ли, что этот репертуар мог бы стать набором всех логически возможных сред?

Нет. Репертуар даже этой фантастической машины резко ограничен хотя бы тем, что она является собой физический объект. Она даже поверхностно не затрагивает то, что возможно логически, и сейчас я докажу это. Основная идея такого доказательства – известного как диагональное доказательство – предшествует идее виртуальной реальности. Впервые это доказательство использовал математик девятнадцатого века Георг Кантор, чтобы доказать, что существуют бесконечно большие величины, превышающие бесконечность натуральных чисел (1, 2, 3, ...). Такое же доказательство лежит в основе современной теории вычисления, разработанной Аланом Тьюрингом и другими в 1930-х годах. Им также пользовался Курт Гедель для доказательства своей знаменитой «теоремы о неполноте».

Универсальный генератор виртуальной реальности – это генератор, репертуар которого содержит каждую физически возможную среду. Среды Кантору – логически возможные среды, которые не сможет передать ни один физически возможный генератор виртуальной реальности. Диагональное доказательство – вид доказательства, при котором представляют список категорий, а затем используют этот список для создания родственной категории, которой не может быть в этом списке.

Машина Тьюринга – одна из первых абстрактных моделей вычисления. Универсальная машина Тьюринга – машина Тьюринга с репертуаром, содержащим репертуары всех машин Тьюринга. Принцип Тьюринга (в самой жизнестойкой форме) – построить Универсальный генератор виртуальной реальности физически возможно. При сделанных мной допущениях это означает, что не

существует верхняя границы универсальности генераторов виртуальной реальности, которые действительно будут построены где-то в мультиверсе.

Диагональное доказательство показывает, что подавляющее большинство логически возможных сред невозможно передать в виртуальной реальности. Я назвал такие среды средами Кантгоуту. Тем не менее, в физической реальности существует постижимая самоподобность, выраженная в принципе Тьюринга: можно построить генератор виртуальной реальности, репертуар которого включает каждую физически возможную среду. Таким образом, отдельный физический объект, который можно построить, способен имитировать все варианты поведения и реакции любого другого физически возможного объекта или процесса. Именно это делает реальность постижимой. Это также делает возможной эволюцию живых организмов.

## Глава 8. Важность жизни

Организм – это непосредственная среда, копирующая реальные репликаторы: гены этого организма. Понимание жизни, основанное на генах, – рассматривающее организмы как часть среды, окружающей гены, – было неявной основой биологии со времен Дарвина, но его не замечали почти до 1960-х годов и не до конца понимали до появления трудов Ричарда Доукинса.

Великие объяснительные теории Дарвина (в современных версиях, предложенных, например, Доукинсом) и современной биохимии являются редуктивными. Живые молекулы – гены – это всего лишь молекулы, которые подчиняются тем же самым законам физики и химии, что и неживые. Они не содержат особого вещества и не имеют особых физических свойств. Они просто оказываются репликаторами в определенных средах.

Кажется, что жизнь – это свойство какой-то узкой области или, возможно, областей вселенной, фундаментальное для нас, потому что мы живем, но не имеющее ни теоретической, ни практической фундаментальности в более крупной схеме всего.

Гены содержат знание о своих нишах. Все, что имеет фундаментальную важность относительно явления жизни, зависит от этого свойства, а не от репликации как таковой. Общим фактором между репликантными и нерепликантными генами является выживание знания, а не обязательно гена или любого другого физического объекта. Поэтому, строго говоря, к нише адаптируется или не адаптируется какая-то часть знания, а не физический объект.

Я считаю неправильным называть организмы этих гипотетических видов «неживыми», однако терминология не так уж важна. Дело в том, что несмотря на то, что вся известная жизнь основана на репликаторах, она строится вокруг одного явления – знания. Итак, мы приближаемся к причине фундаментальности жизни. Жизнь состоит в физической реализации знания.

Например, программы виртуальной реальности, обрабатываемые нашими компьютерами или нашим мозгом, – это косвенные следствия человеческой жизни. Таким образом, жизнь – это средство (по-видимому, необходимое средство) реализации в природе следствий, о которых говорит принцип Тьюринга.

Любая теория структуры вселенной во всех стадиях, за исключением самых ранних, должна принимать во внимание то, что будет или чего не будет делать жизнь к тому времени. Этого нельзя избежать: будущая история вселенной зависит от будущей истории знания. Астрологи всегда верили, что космические события влияют на дела людей: наука в течение многих веков считала, что ни космос не влияет на людей, ни люди на космос. Теперь мы понимаем, что дела людей влияют на космические события.

Человеческая раса в целом (или, если пожелаете, ее запас [мемов](#)) возможно уже обладает достаточным знанием, чтобы разрушить целые планеты, если бы от этого зависело ее выживание. Даже Неразумная жизнь уже много раз значительно трансформировала свою собственную массу поверхности и атмосферы Земли. Весь кислород в нашей атмосфере, например, – около тысячи триллионов тонн – был создан растениями и, следовательно, был побочным следствием репликации генов, т.е. молекул, потомков единственной молекулы. Жизнь оказывает влияние не потому, что она более крупная, массивная или энергетическая, чем другие физические процессы, а потому что она обладает большим знанием. По огромному влиянию, которое знание оказывает на результаты физических процессов, оно, по крайней мере, так же важно, как и любая другая физическая величина.

Репликатор – объект, побуждающий определенные среды к своему копированию. Ген – молекулярный репликатор. Жизнь на Земле основана на генах, которые являются цепочками ДНК (РНК, в случае некоторых вирусов). Мем – идея, которая является репликатором, например, шутка или научная теория. Ниша – нишей репликатора является набор всех возможных сред, в которых репликатор вызывает свою собственную репликацию. Ниша организма – это набор всех возможных сред, в которых организм может жить и размножаться, а также всех возможных образов его жизни.

Адаптация – степень адаптации репликатора к нише – это вызванная им степень его собственной репликации в этой нише. В общем, объект адаптируется к своей нише в той степени, в которой он реализует знание, побуждающее эту нишу сохранять это знание.

Кажется, что научный прогресс со времен Галилео отвергал древнюю идею о том, что жизнь – это фундаментальное явление природы. Наука открыла, что масштаб вселенной, по сравнению с биосферой Земли, огромен. Кажется, что современная биология подтвердила это отвержение, объяснив жизненные процессы на основе молекулярных репликаторов, генов, поведением которых управляют те же законы физики, которые применимы и к неживой материи. Тем не менее, жизнь связана с фундаментальным принципом физики – принципом Тьюринга – поскольку она является средством, с помощью которого виртуальная реальность была впервые реализована в природе.

Также, несмотря на видимость, жизнь – это важный процесс на гигантских весах времени и пространства. Будущее поведение жизни определит будущее поведение звезд и галактик. И крупномасштабные регулярные структуры во вселенных существуют там, где развилась материя, несущая знание, такая, как мозг или отрезки генов ДНК.

## Глава 9. Квантовые компьютеры

Все современные компьютеры всего лишь различные технологические исполнения одной и той же классической идеи универсальной машины Тьюринга. Именно поэтому все существующие компьютеры имеют в сущности один и тот же репертуар вычислений: отличие состоит только в скорости, емкости памяти и устройствах ввода-вывода.

Квантовое вычисление – это нечто большее. Квантовый компьютер — это машина, использующая уникальные квантово-механические эффекты, в особенности, интерференцию. для выполнения совершенно новых видов вычислений, которые, даже в принципе, невозможно выполнить ни на одной машине Тьюринга, а, следовательно, ни на каком классическом компьютере. Таким образом, квантовое вычисление – это ни что иное, как принципиально новый способ использования природы.

В 1982 году физик [Ричард Фейнман](#) занимался компьютерным моделированием квантово-механических объектов. Его отправной точкой было нечто, что уже было известно в течение некоторого времени, однако важность чего не оценили, а именно, что задача предсказания поведения квантово-механических систем (или, как мы можем это описать, Передача квантово-механических сред в виртуальной реальности), в общем случае, с трудом поддается обработке. Одна из причин того, что важность этого не оценили, в том, что никто и не ожидал, что предсказание интересных физических явлений с помощью компьютера будет особо легким.

Возьмите, например, прогноз погоды или землетрясения. Несмотря на то, что известны нужные уравнения, сложность их применения для реальных ситуаций общеизвестна. Эти эффекты не ответственны за трудность обработки о которой говорил Фейнман, по простой причине, что они имеют место только в классической физике – т.е. не в реальности, поскольку реальность квантово-механическая.

[Теория хаоса](#) касается ограничений получения предсказаний в классической физике, проистекающих из факта внутренней неустойчивости всех классических систем. «Неустойчивость», о которой идет речь, не имеет ничего общего с какой-либо тенденцией буйного поведения или распада. Она связана с чрезмерной чувствительностью к начальным условиям. Чтобы предсказать поведение типичной классической системы всего лишь через небольшой промежуток времени, необходимо определить начальное состояние этой системы с невозможно высокой точностью. Поэтому говорят, что, в принципе, бабочка, находящаяся в одном полушарии, взмахом своих крылышек может вызвать ураган в другом полушарии. Неспособность дать прогноз погоды и тому подобное приписывают невозможности учесть каждую бабочку на планете.



В квантовой механике небольшие отклонения от точно определенного начального состояния стремятся вызвать всего лишь небольшие отклонения от предсказанного конечного состояния. А точное предсказание сделать сложно из-за совсем другого эффекта. Даже зная мы начальные состояния точно, многообразие, а, следовательно, и непредсказуемость движения, все равно имели бы место.

Классические системы непредсказуемы (или были бы таковыми, если бы существовали) из-за их чувствительности к начальным условиям. Квантовые системы не обладают такой чувствительностью, но они непредсказуемы, потому что в различных вселенных ведут себя по-разному, и поэтому в большинстве вселенных кажутся случайными. Ни в первом, ни во втором случае никакой объем вычислений не уменьшит непредсказуемость.

Квантовое вычисление – вычисление, которое требует квантово-механических процессов, особенно интерференции. Другими словами, вычисление, которое осуществляют в сотрудничестве с параллельными вселенными.

## Глава 10. Природа математики

[Дэвид Гильберт](#) предложил план «раз и навсегда ввести убежденность в математических методах». План Гильберта основывался на идее согласованности. Он надеялся составить полный набор современных правил вывода математических доказательств. В 1900 году в ознаменование начала века Гильберт опубликовал список задач, которые, как он надеялся, математики смогут решить в двадцатом веке. Десятая задача заключалась в нахождении набора правил вывода.

Гильберту было предначертано пережить разочарование. Тридцать один год спустя Курт Гедель создал революционную теорию доказательства с коренным опровержением, которая до сих пор является отправной точкой для математического и физического миров: он доказал, что десятая задача Гильберта не имеет решения. Во-первых, Гедель доказал, что любой набор правил вывода, способный правильно обосновать даже доказательства обычной арифметики, никогда не сможет обосновать доказательство своей собственной согласованности. Следовательно, нечего и надеяться найти доказуемо согласованный набор правил, который предвидел Гильберт.

Во-вторых, Гедель доказал, что если какой-то набор правил вывода в некоторой (достаточно обширной) области математики является согласованным, то в пределах этой области должны существовать обоснованные методы доказательства, которые эти правила не могут определить, как обоснованные. Это называется [теоремой Геделя о неполноте](#). Для доказательства своих теорем Гедель пользовался замечательным расширением «диагонального доказательства» Кантора. Гедель начал с рассмотрения любого согласованного набора правил вывода. Затем он показал, как составить утверждение, которое невозможно ни доказать, ни опровергнуть с помощью этих правил. Затем он доказал, что это высказывание истинно.

Если бы программа Гильберта работала, это было бы плохой новостью для концепции реальности, выдвигаемой мной в этой книге, поскольку это устранило бы необходимость понимания при критике математических идей. Кто угодно – или какая угодно неразумная машина, – способный выучить наизусть правила вывода, на которые так надеялся Гильберт, смог бы так же хорошо оценивать математические высказывания, как и самый способный математик, не нуждаясь в математическом понимании или даже не имея самого отдаленного понятия о смысле этого высказывания.

Подобно предсказательной «теории всего» в физике, правила Гильберта почти ничего не сказали бы нам о структуре реальности. Они реализовали бы, в пределах математики, предельное видение редуccionистов, предсказывающее все (в принципе), но ничего не объясняющее. Благодаря Геделю мы знаем, что никогда не будет непреложного метода определения истинности математического высказывания, как не существует и непреложного метода определения истинности научной теории.

Следовательно, математический прогресс всегда будет зависеть от использования творчества. Изобретение новых видов доказательства всегда будет возможно и необходимо для математиков. Примером служат теоремы самого Геделя: чтобы доказать их, ему пришлось изобрести новый метод доказательства. Роджер Пенроуз извлек из результатов Геделя еще более глубокий и радикальный урок.

В частности, Пенроуза удивляет, как мы можем понять безошибочность новых обоснованных форм доказательства, которых, как уверяет Гедель, бесконечно много. Пенроуз заявляет, что само

существование свободной математической интуиции такого рода фундаментально несовместимо с существующей структурой физики и, в частности, с принципом Тьюринга.

В его мире не существует универсальности; в частности, не существует машины, способной передать все возможные мыслительные процессы людей. Математические категории напрямую взаимодействуют с человеческим мозгом через физические процессы, которые еще предстоит открыть. Таким образом, мозг, по Пенроузу, занимается математикой, ссылаясь не только на то, что мы сейчас называем физическим миром. Он имеет прямой доступ к реальности математических Форм Платона и может постичь там математические истины с абсолютной определенностью.

Пенроуз доказывает новую физику, которая не будет поддерживать универсальность вычислений, так что при его новой теории вообще невозможно будет объяснять некоторые действия мозга как вычисления.

## Глава 11. Время: первая квантовая концепция

Время – это не последовательность моментов, и оно не течет. Тем не менее, наша интуиция относительно свойств времени в общем смысле истинна. Определенные события действительно являются причинами и следствиями друг друга. По отношению к наблюдателю будущее действительно открыто, прошлое неизменно, а возможности на самом деле становятся действительностью.

## Глава 12. Путешествие во времени

Путешествие во времени, возможно, будет однажды достигнуто, а возможно, и нет, но оно не парадоксально. Если человек отправляется в прошлое, он сохраняет обычную свободу действий, но, в общем случае в конце попадает в прошлое другой вселенной. Изучение путешествия во времени – это область теоретического изучения, в которой важны все четыре основные нити: квантовая механика, с ее параллельными вселенными и квантовой концепцией времени; теория вычисления из-за связи между виртуальной реальностью и путешествием во времени и из-за того, что отличительные особенности путешествия во времени можно исследовать как новые способы вычисления; эпистемология и теория эволюции из-за связей, которые они налагают на способ появления знания.

## Глава 13. Четыре нити

Широко распространен следующий стереотип научного процесса: молодой новатор-идеалист, противостоящий закоснелым людям из научного «истэблшмента». Этот стереотип был возведен в ранг философии Томасом Куном, автором влиятельной книги [Структура научных революций](#). Парадигма – это психологический и теоретический аппарат, на основе которого его приверженцы наблюдают и объясняют все, что присутствует в их опыте.

Кун верит, что наука развивается переменными эпохами: есть «нормальная наука» и есть «революционная наука». В эпоху нормальной науки почти все ученые верят в общепринятые фундаментальные теории и изо всех сил пытаются приспособить все свои наблюдения и вспомогательные теории под эту парадигму. Затем неожиданно появляются несколько молодых смутьянов, отрицающих некоторые фундаментальные доктрины существующей парадигмы.

Объяснительная способность новой парадигмы, на ее собственном языке (ибо на языке старой парадигмы ее объяснения кажутся сумасбродными и неубедительными), привлекает новичков из рядов молодых, свободных от обязательств ученых. В обоих лагерях могут быть и дезертиры. Некоторые из закоснелых ученых умирают. В конечном итоге, одна из сторон побеждает.

Эта точка зрения Куна относительно научного процесса кажется естественной многим людям. Но Кун ошибается, считая, что приверженность парадигме мешает человеку видеть достоинства другой парадигмы, или препятствует смене парадигм, или на самом деле мешает человеку понять две парадигмы одновременно. Если рассмотреть теорию Куна как описание или анализ научного процесса, мы увидим ее роковую ошибку. Эта теория объясняет последовательный переход от одной парадигмы к другой на основе социологии или психологии, предварительно не останавливаясь на объективных достоинствах конкурирующих объяснений.

Следовательно, Кун вынужден решительно отрицать, что следующие друг за другом научные объяснения объективно совершенствовались, или что это усовершенствование возможно, хотя бы в

принципе. Таким образом, рост объективного научного знания невозможно объяснить с помощью картины Куна. Конечно, большая часть научного общества не всегда настолько открыта критике, насколько она должна быть открыта ей в идеале. Тем не менее, степень, в которой она придерживается «должной научной практики» при проведении научных исследований, – это нечто замечательное.

Хью Эверетт, аспирант в Принстоне, работавший под руководством выдающегося физика Джона Арчибалда Уилера, впервые изложил выводы о наличии множества вселенных, исходя из квантовой теории. Открытие Эверетта не получило широкого признания. К сожалению, большинство физиков отказалось от идеи объяснения в квантовой теории. Практическим инструментализмом, стало (и остается) типичным отношением физиков к самой глубокой из известных теорий реальности.

Практический инструментализм сгодился только потому, что в большинстве разделов физики квантовая теория не применима в своей объяснительной способности. Она используется только косвенно, при проверке других теорий, и необходимы только ее предсказания. Таким образом, физики из поколения в поколение считали достаточным рассматривать интерференционные процессы, подобные тем, что происходят за тысячетриллионную долю секунды, когда сталкиваются две элементарные частицы, как «черный ящик»: они готовят вход и наблюдают выход. Они используют уравнения квантовой теории для предсказания одного из другого, но никогда не знают, да их это и не волнует, как получается выход в результате входа.

Однако существует два раздела физики, где подобное отношение невозможно, потому что внутренняя деятельность квантово-механического объекта составляет весь предмет этих разделов. Этими разделами являются квантовая теория вычисления и квантовая космология (квантовая теория физической реальности как единого целого). Нечто подобное этому же странному явлению произошло и в трех других теориях, которые обеспечивают основные нити объяснения структуры реальности: в теориях вычисления, эволюции и познания.

Принцип Тьюринга вряд ли когда-либо всерьез подвергался сомнению как практическая истина. Поэтому последний остается общепринятой теорией вычисления. Тем не менее, высказывание о том, что искусственный интеллект в принципе возможен, логично следующее из этой общепринятой теории, ни в коем случае не принимают как нечто само собой разумеющееся. Но не только оппоненты искусственного интеллекта не сумели включить принцип Тьюринга в свою парадигму. Мало кто вообще сделал это. Об этом свидетельствует тот факт, что прошло четыре десятилетия после того, как был предложен этот принцип, прежде чем начали исследовать его следствия для физики, и еще одно десятилетие, прежде чем открыли квантовое вычисление. Люди принимали и использовали этот принцип на практике в рамках вычислительной техники, но его не рассматривали как неотъемлемую часть всего мировоззрения.

Докинз развил теорию Дарвина в ее современной форме как теорию репликаторов. Репликатор, который лучше других реплицируется в данной среде, в конце концов, вытеснит все остальные варианты самого себя, потому что, по определению, они реплицируются хуже. Выживает вариант не сильнейшего вида (Дарвин это осознавал не полностью), а сильнейшего гена. Именно версия дарвинизма Докинза стала общепринятой теорией эволюции в практическом смысле. Однако она по-прежнему не является общепринятой парадигмой.

Хотя мы и не знаем, что такое сознание, оно явно тесно связано с ростом и представлением знания в мозге. Подобное объяснение было трудно получить в рамках классической теории вычисления. Но, как я уже объяснил, в квантовой теории для этого объяснения есть хорошая основа: знание можно понимать, как сложность, которая простирается через множество вселенных.

### Для дальнейшего чтения

Вейнберг С. Гравитация и космология. 1975.

Вайнберг С. Первые три минуты. 2000.

Докинз Р. Расширенный фенотип. 2010.

Докинз Р. [Слепой часовщик](#). 2008.

Докинз Р. Эгоистичный ген. 1993.

Кун Т. [Структура научных революций](#). 1975.

Нагель Э., Ньюмен Дж.Р. [Теорема Гёделя](#). 2010.

Поппер К. Миф концептуального каркаса. В книге: Поппер К. [Логика и рост научного знания](#). 1983.

Поппер К. [Объективное знание](#). 2002.

Поппер К. [Предположения и опровержения. Рост научного знания](#). 2004.

Хофштадтер Д. [Гёдель, Эшер, Бах: эта бесконечная гирлянда](#). 2001.