


Брайан Кокс
Джефф Форшоу



КВАНТОВАЯ ВСЕЛЕННАЯ

КАК УСТРОЕНО ТО,
ЧТО МЫ НЕ МОЖЕМ
УВИДЕТЬ

[Почитать описание, отзывы и купить на сайте МИФа](#)

Содержание

1. ЧТО-ТО СТРАННОЕ ГРЯДЕТ	7
2. В ДВУХ МЕСТАХ ОДНОВРЕМЕННО	15
3. ЧТО ТАКОЕ ЧАСТИЦА?	37
4. ВСЕ, ЧТО МОЖЕТ СЛУЧИТЬСЯ, ДЕЙСТВИТЕЛЬНО СЛУЧАЕТСЯ	57
5. ДВИЖЕНИЕ КАК ИЛЛЮЗИЯ	91
6. МУЗЫКА АТОМОВ	109
7. ВСЕЛЕННАЯ НА БУЛАВОЧНОЙ ГОЛОВКЕ (И ПОЧЕМУ МЫ НЕ ПРОВАЛИВАЕМСЯ СКВОЗЬ ЗЕМЛЮ)	137
8. ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ	161
9. СОВРЕМЕННЫЙ МИР	187
10. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ	203
11. ПУСТОЕ ПРОСТРАНСТВО НЕ ТАКОЕ УЖ ПУСТОЕ	227
ЭПИЛОГ: СМЕРТЬ ЗВЕЗД	249
Для дальнейшего чтения	279

1

Что-то странное грядет

Квант. Это слово одновременно вызывает к чувствам, сбивает с толку и завораживает. В зависимости от точки зрения это либо свидетельство обширных успехов науки, либо символ ограниченности человеческой интуиции, которая вынуждена бороться с неотвратимой странностью субатомной сферы. Для физика квантовая механика — одна из трех великих опор, на которых покоится понимание природы (две другие — это общая и специальная теории относительности Эйнштейна). Теории Эйнштейна имеют дело с природой пространства и времени и силой притяжения. Квантовая механика занимается всем остальным, и можно сказать, что, как бы она ни вызвала к чувствам, сбивала с толку или завораживала, это всего лишь физическая теория, описывающая то, как природа ведет себя в действительности. Но даже если мерить ее по этому весьма прагматичному критерию, она поражает своей точностью и объяснительной силой. Есть один эксперимент из области квантовой электродинамики, старейшей и лучше всего осмысленной из современных квантовых теорий. В нем измеряется, как электрон ведет себя вблизи магнита. Физики-теоретики много лет упорно работали с ручкой и бумагой, а позже с компьютерами, чтобы предсказать, что именно покажут такие исследования. Практики придумывали и ставили эксперименты, чтобы выведать побольше подробностей у природы. Оба лагеря независимо друг от друга выдавали результаты с точностью, подобной измерению расстояния между Манчестером

и Нью-Йорком с погрешностью в несколько сантиметров. Примечательно, что цифры, получавшиеся у экспериментаторов, полностью соответствовали результатам вычислений теоретиков; измерения и вычисления полностью согласовывались.

[9]

Это не только впечатляюще, но и удивительно, и, если бы построение моделей было единственной заботой квантовой теории, вы могли бы с полным правом спросить, в чем же вообще проблема. Наука, разумеется, не обязана быть полезной, но многие технологические и общественные изменения, совершившие революцию в нашей жизни, вышли из фундаментальных исследований, проводимых современными учеными, которые руководствуются лишь желанием лучше понять окружающий мир. Благодаря этим, вызванным только любопытством, открытиям во всех отраслях науки мы имеем увеличенную продолжительность жизни, международные авиаперевозки, свободу от необходимости заниматься сельским хозяйством ради собственного выживания, а также широкую, вдохновляющую и открывающую глаза картину нашего места в бесконечном звездном море. Но все это в каком-то смысле побочные результаты. Мы исследуем из любопытства, а не потому, что хотим добиться лучшего понимания реальности или разработать более эффективные безделушки.

Квантовая теория — возможно, наилучший пример, как бесконечно сложное для понимания большинства людей становится крайне полезным. Она сложна для понимания, поскольку описывает мир, в котором частица может реально находиться в нескольких местах одновременно и перемещается из одного места в другое, исследуя тем самым всю Вселенную. Она полезна, потому что понимание поведения малейших кирпичиков мироздания укрепляет понимание всего остального. Она кладет предел нашему высокомерию, потому что мир намного сложнее и разнообразнее, чем казалось. Несмотря на всю эту сложность, мы обнаружили, что все состоит из множества мельчайших частиц, которые двигаются в соответствии с законами квантовой теории. Законы эти настолько просты, что их можно записать на обратной стороне конверта. А то, что для объяснения глубинной природы вещей не требуется целая библиотека, уже само по себе одна из величайших тайн мира.

[10]

Итак, чем больше мы узнаём об элементарной природе мироздания, тем проще оно нам кажется. Постепенно мы придем к пониманию всех законов и того, как эти маленькие кирпичики взаимодействуют, формируя мир. Но как бы мы ни увлекались простотой, лежащей в основе Вселенной, нужно обязательно помнить: хотя основные правила игры просты, их последствия не всегда легко вычислить. Наш повседневный опыт познания мира определяется отношениями многих миллиардов атомов, и пытаться вывести принципы поведения людей, животных и растений из нюансов поведения этих атомов было бы просто глупо. Признав это, мы не принижаем его важности: за всеми явлениями в итоге скрывается квантовая физика микроскопических частиц.

Представьте мир вокруг нас. Вы держите в руках книгу, сделанную из бумаги — перемолотой древесной массы*. Деревья — это машины, способные получать атомы и молекулы, расщеплять их и реорганизовывать в колонии, состоящие из миллиардов отдельных частей. Они делают это благодаря молекуле, известной под названием хлорофилл и состоящей из ста с лишним атомов углерода, водорода и кислорода, которые имеют изогнутую особым образом форму и скреплены еще с некоторым количеством атомов магния и водорода. Такое соединение частиц способно улавливать свет, пролетевший 150 000 000 км от нашей звезды — ядерного очага объемом в миллион таких планет, как Земля, — и переправлять эту энергию вглубь клеток, где с ее помощью создаются новые молекулы из двуокиси углерода и воды и выделяется дающий нам жизнь кислород.

Именно эти молекулярные цепи формируют суперструктуру, объединяющую и деревья, и бумагу в этой книге, и все живое. Вы способны читать книгу и понимать слова, потому что у вас есть глаза и они могут превращать рассеянный свет от страниц в электрические импульсы, интерпретируемые мозгом — самой сложной структурой Вселенной, о которой мы вообще знаем. Мы обнаружили, что все вещи в мире — не более чем скопища атомов, а широчайшее многообразие атомов состоит всего

* Если, конечно, вы читаете не электронную книгу, иначе придется поднапрячь воображение. *Здесь и далее прим. авт., если не указано иное.*

из трех частиц — электронов, протонов и нейтронов. Мы знаем также, что сами протоны и нейтроны состоят из более мелких сущностей, именуемых кварками, и на них уже все заканчивается — по крайней мере, так мы думаем сейчас. Основанием для всего этого служит квантовая теория.

[11]

Таким образом, картину Вселенной, в которой обитаем мы, современная физика рисует с исключительной простотой; элегантные явления происходят где-то там, где их нельзя увидеть, порождая разнообразие макромира. Возможно, это самое выдающееся достижение современной науки — сведение невероятной сложности мира, включая и самих людей, к описанию поведения горстки мельчайших субатомных частиц и четырех сил, действующих между ними. Лучшие описания трех из четырех этих сил — сильного и слабого ядерных взаимодействий, существующих внутри атомного ядра, и электромагнитного взаимодействия, которое склеивает атомы и молекулы, — представляет квантовая теория. Лишь сила тяжести — самая слабая, но, возможно, самая знакомая нам сила из всех — в настоящий момент не имеет удовлетворительного квантового описания.

Стоит признать, что квантовая теория имеет несколько странную репутацию, и ее именем прикрывается множество настоящей ахиней. Коты могут быть одновременно живыми и мертвыми; частицы находятся в двух местах одновременно; Гейзенберг утверждает, что все неопределенно. Все это действительно верно, но выводы, которые часто из этого следуют — раз в микромире происходит нечто странное, то мы окутаны дымкой тумана, — точно неверны. Экстрасенсорное восприятие, мистические исцеления, вибрирующие браслеты, которые защищают от радиации, и черт знает что еще регулярно прокрадывается в пантеон возможного под личиной слова «квант». Эту чепуху порождают неумение ясно мыслить, самообман, подлинное или притворное недопонимание либо какая-то особенно неудачная комбинация всего вышеперечисленного. Квантовая теория точно описывает мир с помощью математических законов, настолько же конкретных, как и те, что использовали Ньютон или Галилей. Вот почему мы можем с невероятной точностью рассчитать магнитное поле электрона. Квантовая

[12]

теория предлагает такое описание природы, которое, как мы узнаем, имеет огромную предсказательную и объяснительную силу и распространяется на множество явлений — от кремниевых микросхем до звезд.

Цель этой книги — сорвать покровы таинственности с квантовой теории — теоретической конструкции, в которой путаются слишком многие, включая даже самих первопроходцев в этой отрасли. Мы намерены использовать современную перспективу, пользуясь наработанными за век уроками непредусмотрительности и развития теории. Однако на старте путешествия мы перенесемся в начало XX века и исследуем некоторые проблемы, заставившие физиков радикально отклониться от того, что ранее считалось магистральным направлением науки.

Как часто бывает, появление квантовой теории спровоцировали открытия природных явлений, которые нельзя было описать научными парадигмами того времени. Для квантовой теории таких открытий было много, притом разнообразного характера. Ряд необъяснимых результатов породил ажиотаж и смятение и в итоге вызвал период экспериментальных и теоретических инноваций, который действительно заслуживает расхожего определения «золотой век». Имена главных героев навсегда укоренились в сознании любого студента-физика и чаще других упоминаются в университетских курсах и по сей день: Резерфорд, Бор, Планк, Эйнштейн, Паули, Гейзенберг, Шрёдингер, Дирак. Возможно, в истории больше не случится периода, когда столько имен будут ассоциироваться с величием науки при движении к единой цели — созданию новой теории атомов и сил, управляющих физическим миром. В 1924 году, оглядываясь на предшествующие десятилетия квантовой теории, Эрнест Резерфорд, физик новозеландского происхождения, открывший атомное ядро, писал: «1896 год... ознаменовал начало того, что было довольно точно названо героическим веком физической науки. Никогда до этого в истории физики не наблюдалось такого периода лихорадочной активности, в течение которого одни фундаментально значимые открытия с бешеной скоростью сменяли другие».

Но прежде чем переместиться в Париж XIX века, к рождению квантовой теории, давайте рассмотрим само слово «квант».

Этот термин появился в физике в 1900 году благодаря работам Макса Планка. Он пытался теоретически описать излучение, испускаемое нагретыми телами, — так называемое «излучение абсолютно черного тела». Кстати, ученого наняла для этой цели компания, занимавшаяся электрическим освещением: так двери Вселенной порой открываются по самым прозаическим причинам. Гениальные прозрения Планка мы обсудим в этой книге позже, а для введения достаточно сказать: он выяснил, что свойства излучения абсолютно черного тела можно объяснить, только если предположить, что свет испускается небольшими порциями энергии, которые он и назвал квантами. Само это слово означает «пакеты», или «дискретные». Изначально он считал, что это лишь математическая уловка, но вышедшая в 1905 году работа Альберта Эйнштейна о фотоэлектрическом эффекте поддержала квантовую гипотезу. Результаты были убедительными, потому что небольшие порции энергии могли быть синонимичны частицам.

[13]

Идея того, что свет состоит из потока маленьких пулек, имеет долгую и славную историю, начавшуюся с Исаака Ньютона и рождения современной физики. Однако в 1864 году шотландский физик Джеймс Кларк Максвелл, казалось, окончательно развеял все существовавшие сомнения в ряде работ, которые Альберт Эйнштейн позднее охарактеризовал как «самые глубокие и плодотворные из всех, что знала физика со времен Ньютона». Максвелл показал, что свет — это электромагнитная волна, распространяющаяся в пространстве, так что идея света как волны имела безукоризненное и, казалось бы, неоспоримое происхождение. Однако в серии экспериментов, которые Артур Комптон и его коллеги провели в Университете Вашингтона в Сент-Луисе, им удалось отделить световые кванты от электронов. Те и другие вели себя скорее как бильярдные шары, что явно подтвердило: теоретические предположения Планка имели прочное основание в реальном мире. В 1926 году световые кванты получили название фотонов. Свидетельство было неопровержимым: свет ведет себя одновременно как волна и как частица. Это означало конец классической физики — и завершение периода становления квантовой теории.



[Почитать описание, рецензии
и купить на сайте](#)

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:

