

Майкл Фарадей, сын йоркширского кузнеца, родился в Южном Лондоне в 1791 году. Он был самоучкой, бросившим школу в 14 лет, чтобы стать учеником переплетчика, но удача улыбнулась ему на научном поприще. Это случилось после посещения в 1811 году в Лондоне лекции корнуоллского ученого сэра Гемфри Дэви. Фарадей отправил Дэви заметки, которые делал на лекции, и тот был настолько ими поражен, что предложил Фарадею место ассистента. С этого началась карьера одного из столпов науки XIX столетия и величайшего физика-экспериментатора всех времен. Дэви говорил, что Фарадей — его крупнейшее научное открытие.

Ученые XXI столетия с завистью оглядываются на события начала XIX века. Фарадею не надо было сотrudничать с 10 тысячами ученых и инженеров в CERN\* или запускать на орбиту телескоп размером с два автобуса, чтобы сделать выдающиеся открытия. CERN Фарадея вполне помещался на его столе и позволял ему вести наблюдения, приведшие к разрушению понятия абсолютного времени. Безусловно, за многие столетия масштаб науки изменился — отчасти потому, что те аспекты окружающего мира, которые не требуют высокотехнологичного оборудования для проведения наблюдений, уже досконально изучены. Нельзя сказать, что в современной науке нет примеров, когда простые эксперименты дают важные результаты, но в общем случае, чтобы раздвинуть границы познания, нужна сложная техника. В Лондоне начала викторианской эпохи Фарадею не требовалось ничего более экзотического или

---

\* Аббревиатура от фр. Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Европейский совет по ядерным исследованиям). Также иногда переводится как Европейский Центр ядерных исследований. В русском языке обычно используется аббревиатура ЦЕРН. *Прим. ред.*

дорогого, чем моток проволоки, магниты и компас, чтобы получить первые экспериментальные доказательства того, что время представляет собой совсем не то, чем нам кажется. Он собрал их, занимаясь тем, что больше всего нравится ученым, — просто работал с недавно открытым электричеством, играл с ним и внимательно наблюдал. Вы можете представить эти темные лакированные столы с тенями от проводов, колеблющимися в свете газовых ламп. Хотя Дэви и поразил публику демонстрацией электрического света в 1802 году в Королевском институте, миру пришлось ждать почти до конца столетия, пока в 1870 году Томас Эдисон не создал пригодную для применения лампочку накаливания. Но в начале XIX века электричество было совершенно новой областью физики и инженерного дела.

Фарадей обнаружил, что если двигать магнит через катушку провода, то во время перемещения магнита в проводе генерируется электрический ток. Он также заметил, что если передать импульс электрического тока по проводу, то стрелка компаса, расположенного вблизи этого провода, отклонится от равновесного состояния. Компас представляет собой не более чем детектор магнитного поля. При отсутствии электрических импульсов в проволоке он выравнивается по направлению магнитного поля и указывает на северный полюс Земли. Таким образом, электрические импульсы создают магнитное поле, такое же, как и магнитное поле Земли, хотя и более мощное — поскольку оно сильно отклоняет стрелку компаса во время прохождения импульса электрического тока. Фарадей понял, что обнаружил глубинную связь между магнетизмом и электричеством, двумя явлениями, которые на первый взгляд кажутся абсолютно не связанными друг с другом. Что общего у электрического тока, проходящего через лампочку, когда вы щелкаете выключателем на стене в гостиной, с силой, притягивающей магнитные игрушки к двери вашего холодильника? Безусловно, такая связь неочевидна, но все же Фарадей посредством внимательных наблюдений установил, что электрический ток создает магнитное поле, а движущиеся магниты генерируют электрический ток. Эти два простых явления, которые сегодня известны как электромагнитная индукция, лежат в основе как производства электроэнергии на всех электростанциях, так и работы любых электродвигателей,

используемых нами каждый день, — от компрессора в холодильнике до механизма извлечения диска в DVD-плеере. Вклад Фарадея в развитие индустриального мира трудно переоценить.

Однако достижения в фундаментальной физике редко связаны только с экспериментами. Фарадей хотел понять механизм, лежавший в основе его наблюдений. «Как может быть, — спрашивал он себя, — что магнит, физически не подключенный к проводу, тем не менее генерирует в нем электрический ток? И как может импульс электрического тока заставить повернуться стрелку компаса?» Для этого сквозь пустое пространство между магнитом, проволокой и компасом должно пройти какое-то воздействие: катушке проволоки необходимо почувствовать магнит, проходящий через нее, а стрелке компаса — протекающий на расстоянии ток. В наше время это воздействие известно как электромагнитное поле. Мы уже использовали слово «поле» в контексте магнитного поля Земли. Поскольку это слово употребляется в повседневной жизни, вы, вероятно, не обратили на него никакого внимания. На самом деле поля — одно из наиболее абстрактных понятий в физике. С ними также связана одна из самых плодотворных концепций, необходимых для развития более глубокого понимания природы. Уравнения, лучше всего описывающие поведение миллиардов субатомных частиц, из которых состоит эта книга, а также рука, которой вы ее держите перед глазами, и сами ваши глаза — это уравнения полей. Фарадей представлял себе поля в виде совокупности линий (он их называл линиями тока), исходящих из магнитов и токоведущих проводов. Если вы когда-либо подносили магнит под лист бумаги, на который насыпаны железные опилки, то наверняка видели эти линии. Простым количественным примером поля, с которым вы ежедневно сталкиваетесь, может служить температура воздуха в вашей комнате. Возле радиатора воздух будет горячее, возле окна — прохладнее. Представьте, что вы измерили температуру воздуха в каждой точке комнаты и записали это огромное количество чисел в таблицу. Эта таблица — формальное описание температурного поля в вашей комнате. В случае магнитного поля вы можете представить, что фиксируете отклонение стрелки компаса в каждой точке помещения и составляете формальное описание магнитного поля в комнате. Поле субатомных частиц еще более

абстрактно. Его значение в той или иной точке пространства говорит о вероятности обнаружения частицы в этой точке в тот момент, когда вы на нее посмотрите. Мы снова встретимся с этими полями в главе 7.

Вы можете задать вполне резонный вопрос: зачем вообще вводить абстрактное понятие поля? Почему бы не работать с тем, что поддается измерению, — с электрическим током и отклонением стрелки компаса?

Фарадей нашел эту идею привлекательной, потому что в глубине души был практиком — черта, свойственная многим великим экспериментаторам и инженерам времен промышленной революции. Он инстинктивно создал в воображении механическую картину связи между движущимися магнитами и катушкой провода, и поля в его представлении служили мостами, устанавливавшими физическую связь между объектами, которая, согласно его экспериментам, обязательно должна существовать. Однако имеется и более веская причина того, почему поля необходимы и почему современные физики считают их такими же реальными, как электрический ток или отклонения стрелки компаса. Ключ к этому глубокому пониманию природы лежит в работах шотландского физика Джеймса Максвелла. В 1931 году, к столетию со дня рождения Максвелла, Эйнштейн описал его труды по теории электромагнетизма как «самые глубокие и плодотворные работы в физике со времен Ньютона». В 1864 году, за три года до смерти Фарадея, Максвеллу удалось вывести систему уравнений, описывающую все электрические и магнитные явления, которые обнаружил и скрупулезно задокументировал Фарадей и многие другие ученые в первой половине XIX столетия.

Уравнения — самый мощный инструмент физиков, помогающий им в стремлении познать окружающий мир. Но в то же время это одна из наиболее кошмарных вещей, с которыми большинство из нас сталкивается в школьные годы. Прежде чем продолжить, мы должны обратиться к тем читателям, у которых появились дурные предчувствия. Понятно, что у вас разная математическая подготовка и вы по-разному относитесь к формулам и уравнениям. Мы просим тех, кто уверен в себе и своих знаниях, проявить терпение и надеемся, что вы не почувствуете себя слишком уязвленными нашей подачей материала. На простейшем уровне уравнение позволяет предсказать результаты эксперимента даже

без необходимости его проведения. Очень простой пример, который мы будем использовать в книге для доказательства всяких невероятных фактов о природе пространства и времени, — знаменитая теорема Пифагора, связывающая длины сторон прямоугольного треугольника.

Пифагор утверждал, что квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов. Математически теорему Пифагора можно записать как  $x^2 + y^2 = z^2$ , где  $z$  — длина гипотенузы (самой длинной стороны прямоугольного треугольника), а  $x$  и  $y$  — длины двух других сторон, называемых катетами (рис. 1). Символы  $x$ ,  $y$  и  $z$  рассматриваются как заполнители для фактических длин сторон, а  $x^2$  — математическая запись, означающая  $x$ , умноженный на  $x$ . Например,  $3^2 = 9$ ,  $7^2 = 49$  и так далее. В использовании символов  $x$ ,  $y$  и  $z$  нет ничего особенного. Мы могли бы применить в качестве заполнителя любой символ. Возможно, теорема Пифагора покажется вам более понятной, если мы запишем ее как  $\text{☼}^2 + \text{☽}^2 = \text{☺}^2$ . В этот раз длина гипотенузы представлена смайликом. Вот пример применения теоремы: если длины катетов прямоугольного треугольника равны трем и четырем сантиметрам, то, согласно теореме Пифагора, длина гипотенузы этого треугольника будет равна пяти сантиметрам, поскольку  $3^2 + 4^2 = 5^2$ . Безусловно, числа не обязательно должны быть целыми. Измерение длин сторон треугольника с помощью линейки — это эксперимент, хотя и довольно скучный. Пифагор избавил нас от проблем, выведя уравнение, позволяющее вычислить длину третьей стороны прямоугольного треугольника, зная длины двух других. Ключевой момент состоит в том, что для физика уравнения выражают отношения между физическими объектами и представляют собой способ точного описания происходящего в реальном мире.

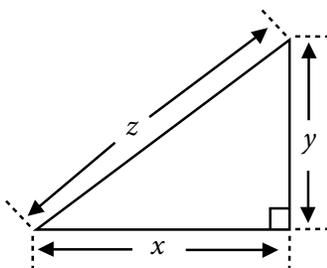


Рис. 1

Уравнения Максвелла намного сложнее с математической точки зрения, но, по существу, выполняют ту же работу. Например, они могут сказать вам, в каком направлении станет отклоняться стрелка компаса при прохождении по проводу импульса электрического тока, — без необходимости смотреть на компас. Однако самое замечательное в уравнениях то, что они позволяют выявить глубокие связи между величинами, не являющимися непосредственными результатами экспериментов, и могут привести к гораздо более глубокому пониманию природы. К уравнениям Максвелла это утверждение относится в полной мере. Центральное место в математическом описании электрических и магнитных явлений у Максвелла занимают абстрактные электрическое и магнитное поля, впервые описанные Фарадеем. Максвелл записал свои уравнения на языке полей просто потому, что у него не было иного выбора. Поля были единственным способом объединить широкий спектр электрических и магнитных явлений, обнаруженных Фарадеем и его коллегами, в единый унифицированный набор уравнений. Подобно тому как уравнение Пифагора выражает связь между длинами сторон прямоугольного треугольника, уравнения Максвелла демонстрируют связь между электрическими зарядами и токами, а также электрическим и магнитным полями, которые они создают. Гениальность Максвелла в том, что он вывел концепцию полей из тени и положил ее в основу теории электромагнетизма. Если бы вы, например, спросили Максвелла, почему батарея дает текущий по проводу ток, то он ответил бы следующее: «Потому что батарея создает в проводе электрическое поле, а поле заставляет ток перемещаться». Если бы вы поинтересовались, почему стрелка компаса отклоняется под воздействием расположенного поблизости магнита, он мог бы ответить так: «Потому что вокруг магнита есть магнитное поле, которое приводит к отклонению стрелки». А на вопрос, почему движущийся магнит вызывает протекание тока в катушке провода, Максвелл мог бы дать такое объяснение: «Изменение потока магнитного поля внутри петли из провода обуславливает появление электрического поля, которое вызывает движение тока». В случае каждого из этих очень разных явлений описание всегда возвращается к наличию электрических и магнитных полей и их взаимодействию друг с другом. В физике введение новой объединяющей

концепции нередко дает возможность упростить и уточнить представления о нескольких явлениях, которые на первый взгляд кажутся не связанными друг с другом. Впрочем, это относится не только к физике, но и к науке в целом. В случае Максвелла такой подход привел к простой и унифицированной, к тому же прекрасно работающей — в том смысле, что она позволяет пояснить и предсказать результаты любых новаторских экспериментов Фарадея и его коллег, — картине всех наблюдаемых электрических и магнитных явлений. Это достижение замечательно уже само по себе, но во время работы над уравнениями произошло нечто еще более замечательное. Максвелл был вынужден включить в них дополнительный фрагмент, не продиктованный экспериментами. С его точки зрения, это требовалось исключительно для того, чтобы уравнения были математически последовательными. Это стало одним из самых глубоких и в некотором смысле самых таинственных озарений в современной науке. Физические объекты в реальном мире ведут себя предсказуемо, следуя несколько более сложным математическим законам, чем те, о которых знал Пифагор, когда доказывал свою знаменитую теорему. Это эмпирический факт, который ни в каком смысле нельзя назвать очевидным. В 1960 году лауреат Нобелевской премии, физик-теоретик Юджин Вигнер написал знаменитое эссе под названием «Непостижимая эффективность математики в естественных науках», в котором утверждал, что способность человека к открытию законов природы гораздо менее удивительна, чем само существование таких законов. Опыт учит нас, что законы природы, закономерности в поведении вещей и явлений на самом деле существуют и эти законы лучше всего формулировать на языке математики. Это приводит к тому, что наряду с физическими наблюдениями при создании физических теорий можно опираться и на математические закономерности — и такое случалось неоднократно на протяжении всей истории науки. В этой книге мы также познакомимся с подобными случаями, и то, что так действительно происходит, — одна из удивительных тайн нашей Вселенной.

Но вернемся к нашей истории. В поисках математической согласованности Максвелл включил в уравнение, описывающее экспериментальные наблюдения Фарадея по отклонению стрелки компаса при

протекании электрического тока в проводах, дополнительный член, известный как ток смещения. Ток смещения не был необходим для описания наблюдений Фарадея, а уравнения Максвелла и без него прекрасно характеризовали экспериментальные данные того времени. Однако поначалу Максвелл даже не осознавал, что это простое дополнение позволяет его замечательным уравнениям сделать нечто гораздо большее, чем описать работу электродвигателей. При наличии тока смещения возникает глубокая связь между электрическими и магнитными полями. В частности, уравнения в новой форме можно переписать в виде, известном ученым как волновое уравнение, которое, как следует из названия, описывает движение волн. Уравнения, описывающие распространение звука, — это волновые уравнения, так же как и уравнения, описывающие перемещение океанских волн к берегу. Совершенно неожиданно уравнения Максвелла, описывающие эксперименты Фарадея с проводами и магнитами, предсказали существование перемещающихся волн. Но в то время как океанские волны представляют собой возмущения, перемещающиеся в воде, а звуковые волны создают движение молекул воздуха, волны Максвелла состоят из осциллирующих электрических и магнитных полей.

Каковы они, эти загадочные осциллирующие поля? Представьте себе, что электрическое поле начинает расти, потому что Фарадей генерирует импульс электрического тока в проводе. Мы уже знаем, что при этом создается магнитное поле (если вы помните, Фарадей заметил, что стрелка компаса вблизи провода отклоняется). На языке уравнений Максвелла изменение электрического поля создает изменение магнитного поля. Фарадей также утверждал, что при изменении магнитного поля (например, при прохождении магнита через катушку провода) создается электрическое поле, вызывающее ток в проводах. Максвелл сказал бы, что изменение магнитного поля создает изменение электрического поля. Теперь представьте, что мы уберем провода и магниты. У нас останутся только поля, колеблющиеся назад и вперед, поскольку изменения одного поля приводят к изменениям другого. Волновые уравнения Максвелла описывают взаимосвязь этих колеблющихся полей и предсказывают, что эти волны должны двигаться вперед с определенной скоростью. Как

и следовало ожидать, эту скорость обуславливают различные величины, которые измерял Фарадей. В случае звуковых волн скорость волны составляет примерно 330 метров в секунду — ненамного больше скорости пассажирского самолета. Скорость звука определяется взаимодействием между молекулами воздуха, которые несут звуковые волны. Она изменяется с изменением атмосферного давления и температуры, которые, в свою очередь, описывают, насколько близко молекулы воздуха располагаются друг к другу и как быстро они отскакивают друг от друга. В случае волн Максвелла скорость равна соотношению сил электрического и магнитного полей, и это соотношение легко измерить. Силу магнитного поля можно вычислить путем измерения силы взаимодействия двух магнитов. Слово «сила» будет время от времени появляться в нашей книге; под силой мы подразумеваем количественную характеристику, с которой что-то толкают или тянут. Силу можно измерить и охарактеризовать количественно, и если мы стремимся понять, как устроен мир, то должны понять и происхождение различных сил. Существует простой способ измерить силу электрического поля, зарядив два объекта и вычислив силу их взаимодействия. По всей вероятности, вы невольно испытывали на себе такой процесс «зарядки». Возможно, вы ходили в сухой день по нейлоновому ковру, а затем получали удар электрическим током при попытке открыть дверь с металлической ручкой. Этот неприятный опыт открытия двери связан с тем, что в процессе трения вы перенесли электроны (элементарные частицы электричества) с ковра на подошвы своей обуви и стали электрически заряженными, а это означает, что между вами и дверной ручкой возникло электрическое поле. Когда вы взяли за ручку двери, это поле вызвало протекание электрического тока, как в экспериментах Фарадея.

С помощью таких простых экспериментов ученые могут измерять сильные электрические и магнитные поля, а уравнения Максвелла предсказывают, что соотношение силы этих полей дает скорость волн. Так чему же равно это соотношение? Что предрекли измерения Фарадея в сочетании с математическим гением Максвелла? Это один из многих ключевых моментов в нашей истории и прекрасный пример, объясняющий, почему мы говорим о физике как об очень красивой, мощной и глубокой

науке: электромагнитные волны Максвелла распространяются со скоростью 299 792 458 метров в секунду. Удивительно, но это и есть скорость света: Максвелл наткнулся на объяснение природы самого света. Вы видите окружающий мир, потому что электромагнитное поле Максвелла несется сквозь тьму в ваши глаза со скоростью, предсказанной экспериментами с катушкой проволоки и магнитом. Уравнения Максвелла оказались щелью в двери, через которую свет проник в нашу историю о пространстве и времени. Существование в природе такой особой, единой и неизменной скорости, равной 299 792 458 метров в секунду, приведет нас в следующей главе (так же, как привело Эйнштейна) к отказу от концепции абсолютного времени.

Внимательный читатель заметит определенную нестыковку или как минимум некоторую небрежность с нашей стороны. С учетом сказанного в главе 1 нет никакого смысла говорить о скорости без указания, относительно чего она определяется, а в уравнениях Максвелла нет ни одного упоминания об этой проблеме. По всей видимости, скорость волн (то есть скорость света) выступает в качестве константы природы, соотношения сил электрического и магнитного полей. Нигде в этой элегантной математической структуре нет места для скорости источника волны или ее приемника. Максвелл и его современники, конечно же, знали об этом, но это не слишком их беспокоило. Дело в том, что большинство ученых того времени (если не все) считали, что все волны, включая свет, должны распространяться в какой-то среде. Должно быть какое-то «реальное вещество», переносящее колебания. Это были практические парни, похожие на Фарадея, в понимании которых ничто не могло колебаться само по себе без какой-либо поддержки. Волны на воде могут существовать только в присутствии воды, а звуковые волны распространяются исключительно в воздухе или в другом веществе, но определенно не в вакууме: «В космосе никто не услышит ваш крик».

Так в конце XIX столетия возобладало мнение, что свет должен проходить сквозь некую среду, известную как «эфир». Скорость, появившаяся в уравнениях Максвелла, в те годы получила естественную интерпретацию как скорость света по отношению к эфиру. Это прямая аналогия с распространением звуковых волн в воздухе. При неизменной

температуре и давлении воздуха звук всегда распространяется с постоянной скоростью, зависящей только от деталей взаимодействия между молекулами воздуха и не имеющей ничего общего с движением источника волн.

Однако, если подумать, эфир — очень странное вещество. Он должен пронизывать все пространство, поскольку свет проходит через пустоту между Солнцем и Землей и далекими звездами и галактиками. Когда вы идете по улице, вы должны двигаться через эфир, и сама Земля должна перемещаться сквозь эфир в своем путешествии вокруг Солнца. Все, что движется во Вселенной, должно проходить сквозь эфир, который при этом не должен оказывать никакого (или практически никакого) сопротивления движению твердых объектов, в том числе таких больших, как планеты. В противном случае движение Земли во время каждого из 5 миллиардов оборотов вокруг Солнца замедлялось бы подобно тому, как замедлился бы подшипник в банке с медом, а продолжительность наших земных лет за это время постепенно изменилась бы. Единственное разумное предположение, которое можно сделать, — это что Земля и вообще все объекты в эфире перемещаются беспрепятственно. Вы можете посчитать, что это делает невозможным доказательство существования эфира, но экспериментаторов викторианской эпохи такой пустяк не смущал. Во время серии высокоточных экспериментов, начавшихся в 1881 году, Альберт Майкельсон\* и Эдвард Морли\*\* попытались обнаружить то, что на первый взгляд казалось не поддающимся обнаружению. В основе этих экспериментов лежал на удивление простой замысел. В своей прекрасной книге по теории относительности, написанной в 1925 году, Бертран Рассел уподобляет движение Земли через эфир прогулке в ветреный день: в какой-то момент вам придется идти против

---

\* Альберт Абрахам Майкельсон (Albert Abraham Michelson, 1852–1931) — американский физик, известен изобретением названного его именем интерферометра Майкельсона и прецизионными измерениями скорости света. В 1907 году стал лауреатом Нобелевской премии по физике. *Прим. ред.*

\*\* Эдвард Уильямс Морли (Edward Williams Morley, 1838–1923) — американский физик и химик. Наибольшую известность получили его работы в области интерферометрии, выполненные совместно с Альбертом Майкельсоном. *Прим. ред.*

ветра, а в какой-то — по пути с ним. Поскольку Земля проходит через эфир по мере вращения вокруг Солнца, а Земля и Солнце вместе летят сквозь эфир в своем путешествии вокруг Млечного Пути, то в какой-то момент на протяжении года Земля должна двигаться против эфирного ветра, а в какой-то — вместе с ним. И даже в том маловероятном случае, когда Солнечная система в целом находится в покое относительно эфира, движение Земли будет по-прежнему ощущать на себе эфирный ветер при путешествии вокруг Солнца, подобно тому как в совершенно тихий день вы чувствуете, как ветер обдает лицо, когда высовываетесь из окна движущегося автомобиля.

Майкельсон и Морли поставили перед собой задачу измерить скорость света в разное время года. Они (как и все остальные) были уверены, что в течение года она меняется, пусть и на малую величину, потому что скорость Земли (а вместе с ней и их экспериментальной установки) по отношению к эфиру должна постоянно меняться. В эксперименте использовалась очень чувствительная методика под названием «интерферометрия». За шесть лет экспериментов Майкельсон и Морли довели ее чувствительность до небывалого уровня, но ко времени публикации в 1887 году полученный результат был однозначно отрицательным. Не отмечалось никакой разницы в скорости света в любом направлении и в любое время года.

Если гипотеза эфира корректна, этот результат очень трудно объяснить. Например, представьте себе, что вы решили погрузиться в реку с быстрым течением и поплыли по ней вниз. Если вы плаваете со скоростью пять километров в час относительно воды, а река течет со скоростью три километра в час, то относительно берега вы плывете со скоростью восемь километров в час. Если вы развернетесь и поплывете вверх по течению, то относительно берега станете перемещаться со скоростью два километра в час. То же происходит и в эксперименте Майкельсона и Морли: роль пловца в данном случае играет луч света, река — это эфир, по которому он плывет, а берег реки — экспериментальное оборудование Майкельсона и Морли, находящееся в покое на поверхности Земли. Теперь вам должно быть понятно, почему результат Майкельсона и Морли оказался таким сюрпризом. Это выглядело, как если бы

вы всегда плыли со скоростью пять километров в час по отношению к берегу реки, независимо от скорости ее течения и направления вашего движения.

Таким образом, Майкельсону и Морли не удалось доказать присутствие эфира, протекающего через их установку. Вот очередной вызов нашей интуиции: учитывая то, что мы видели до сих пор, нужно смело отбросить понятие эфира, потому что его влияние не поддается наблюдению, — так же как мы отбросили понятие абсолютного пространства в главе 1. Кстати, с философской точки зрения эфир всегда был довольно неуклюжей концепцией, поскольку стал бы во Вселенной той точкой отсчета, которая позволила бы определить абсолютное движение, что противоречит принципу относительности Галилея. По-видимому, такова была личная точка зрения Эйнштейна, поскольку он, похоже, мало что знал о результатах экспериментов Майкельсона и Морли, когда смело отказался от концепции эфира при формулировке своей специальной теории относительности в 1905 году. Однако на самом деле философские тонкости нельзя считать надежным ориентиром для понимания устройства Вселенной, поэтому в конечном счете самое веское основание для отказа от концепции эфира — то, что экспериментальные результаты не подтверждают его существования\*.

Отказ от концепции эфира можно оправдать с эстетической точки зрения и поддержать экспериментальными данными. Но если мы предпримем этот решительный шаг, то окажемся лицом к лицу с серьезной проблемой: уравнения Максвелла дают очень точный прогноз для скорости света, но не содержат никакой информации о том, относительно чего ее следует измерять. Давайте ненадолго примем уравнения Максвелла такими, какие они есть, и посмотрим, куда это нас приведет. Если мы получим в итоге бессмыслицу, то всегда сможем вернуться и попробовать другую гипотезу, удовлетворившись тем, что отрицательный результат тоже результат. Уравнения Максвелла предсказывают, что свет всегда движется со скоростью 299 792 458 метров

---

\* Кроме Майкельсона и Морли, эфир пытались обнаружить многие ученые, но все результаты были одинаковыми — нулевыми. *Прим. авт.*

в секунду, и в них нет упоминания о скорости источника или приемника света. Создается впечатление, будто эти уравнения действительно утверждают, что скорость света неизменна независимо от того, насколько быстро источник и приемник света движутся относительно друг друга. Словом, уравнения Максвелла говорят нам о том, что скорость света — фундаментальная константа природы. Это действительно непростое утверждение, так что давайте потратим еще немного времени на уточнение его смысла.

Представьте себе луч света фонарика. Согласно здравому смыслу, если бы мы бежали достаточно быстро, то теоретически могли бы догнать переднюю часть движущегося вперед пучка света. Здравый смысл даже позволяет предположить, что мы могли бы бежать вместе с лучом света, если бы нам удалось перемещаться со скоростью света. Но если следовать уравнениям Максвелла, то независимо от того, как быстро мы бежим, луч света опережает нас со скоростью 299 792 458 метров в секунду. Если это не так, то скорость света различна для человека с фонариком и бегущего человека, что противоречит результатам эксперимента Майкельсона и Морли, а также нашему утверждению, что скорость света — фундаментальная константа природы, имеющая одно и то же значение независимо от движения источника или наблюдателя. Похоже, мы оказались в смешном положении. Конечно, здравый смысл будет требовать от нас отвергнуть или по крайней мере пересмотреть уравнения Максвелла — возможно, они верны лишь отчасти? Это предположение не выглядит неразумным, поскольку движение любой реальной экспериментальной установки повлекло бы за собой только крохотное отклонение от скорости в 300 миллионов метров в секунду, которая появляется в уравнениях Максвелла. Это отклонение настолько крохотное, что вполне могло остаться незамеченным в опытах Фарадея. В качестве альтернативы можно просто принять уравнения Максвелла и тот факт, что мы никогда не сможем догнать луч света. Эта идея не просто оскорбляет наш здравый смысл, но и, как покажет следующая глава, подразумевает также, что мы должны отвергнуть само понятие абсолютного времени.

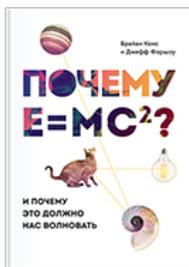
Современному человеку разрушить привязанность к абсолютному времени столь же трудно, как и ученым XIX столетия. Наша интуиция целиком и полностью говорит в пользу абсолютного пространства и времени, но мы должны осознавать, что это всего лишь интуиция. Кроме того, данные понятия лежат в основе законов Ньютона, которые по сей день используются в работе многих инженеров. В XIX веке законы Ньютона казались попросту неприкасаемыми. В то время как работы Фарадея по электричеству и магнетизму уже лежали в Королевском институте, Изамбард Брюнель\* руководил строительством Большой западной железной дороги из Лондона в Бристоль. В 1864 году, когда Максвелл завершил свой блестящий синтез работ Фарадея и раскрыл секрет света, Брюнель завершил строительство легендарного Клифтонского подвесного моста\*\*. Бруклинский мост был открыт спустя восемь лет, а в 1889 году над Парижем вознесся шпиль Эйфелевой башни. Все великолепные достижения века пара были спроектированы и возведены с использованием концепций, сформулированных Ньютоном. Ньютонова механика была далека от абстрактных математических размышлений. Символы ее успеха вырастали по всей Земле и становились свидетельствами постоянно растущего господства человечества над законами природы. Представьте себе, какое смятение произошло в умах ученых конца XIX века, когда они столкнулись с уравнениями Максвелла и их скрытой атакой на сами основы ньютоновского мировоззрения. Разумеется, победитель может быть только один. Безусловно, господствовать должен победоносный Ньютон и концепция абсолютного времени. Тем не менее начало XX столетия ознаменовалось тем, что проблема постоянства скорости света

---

\* Изамбард Кингдом Брюнель (Isambard Kingdom Brunel, 1806–1859) — британский инженер, одна из крупных фигур в истории промышленной революции, оставил по себе славу одного из первых инженеров XIX века. Построил 25 железных дорог в Англии, Ирландии, Италии, Индии. Проектировал и руководил постройкой восьми пирсов и сухих доков, пяти висячих мостов, 125 железнодорожных мостов, трех крупных пароходов. В 1855 году опубликовал проект строительства Панамского канала. *Прим. ред.*

\*\* Мост у города Бристоль, Великобритания, одна из главных достопримечательностей города и страны, был сооружен в 1836–1864 годах. Первый самостоятельный проект Брюнеля. *Прим. ред.*

по-прежнему нависала темной тучей: Максвелл и Ньютон не могли быть правы одновременно. Так продолжалось до 1905 года, когда работа до тех пор никому не известного физика по имени Альберт Эйнштейн наконец не показала, что природа на стороне Максвелла.



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

Лучшие цитаты из книги, бесплатные главы и новинки:

