

# ОСНОВЫ реальности

## 10 фундаментальных принципов устройства Вселенной

Фрэнк  
Вильчек

Лауреат Нобелевской  
премии по физике

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие. Заново родиться .....	6
Введение .....	13
<b>ЧАСТЬ I. ЧЕМ ИЗОБИЛЕН МИР?</b> .....	<b>21</b>
Глава 1. Здесь много пространства .....	22
Глава 2. Здесь много времени .....	44
Глава 3. Здесь очень мало составляющих .....	60
Глава 4. Здесь очень мало законов .....	86
Глава 5. Здесь много материи и энергии .....	112
<b>ЧАСТЬ II. НАЧАЛО И КОНЕЦ</b> .....	<b>125</b>
Глава 6. Космическая история — открытая книга .....	126
Глава 7. Откуда взялась сложность? .....	138
Глава 8. Мы еще многого не увидели .....	145
Глава 9. Впереди еще много загадок .....	160
Глава 10. На все можно смотреть с разных сторон .....	176
Послесловие. Долгий путь домой .....	189
Приложение .....	193
Благодарности .....	202
Об авторе .....	203
Предметно-именной указатель .....	204

*Посвящается Бетси*

#### ОТКРОВЕНИЯ\*

Из сотен, тысяч разных элементов  
Плетется жизни ткань узорами моментов.  
Рожденье, знания, любовь, седые годы —  
Всё это крохи, что даны природой,  
Даров непрошенных, непознанных оков.  
Вселенной ширь, небесных тел движенье —  
За гранью разума, игры воображенья,  
В законе вечности и языке без слов.  
Нам каждый час диктует перемены,  
А мы бежим, но видим непременно,  
Что далеко тот бег не уведет.  
Нас прошлое влечет своим размахом,  
Но бой часов нам с трепетом и страхом  
Величие его передает,  
А Время смотрит вслед и движется вперед.  
Но сколько б мир ни открывал я вновь,  
Ты мне дороже всех, с тобой моя любовь.

---

\* Перевод Ольги Юрченко. *Прим. ред.*

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

---

# ЗАНОВО РОДИТЬСЯ

### I

Эта книга об основных уроках, доступных нам благодаря изучению физического мира. Я встречал немало тех, кто интересовался его устройством и жаждал узнать, что говорит о нем современная наука. Среди них были юристы, врачи, художники, студенты, учителя, родители — множество любопытных и умных людей, которым просто не хватало знаний. На этих страницах я попытался рассказать об основных идеях современной физики как можно проще, но не жертвуя точностью. Работая над книгой, я постоянно вел мысленные беседы со своими любознательными друзьями и вспоминал их вопросы.

Для меня ключевые принципы устройства физического мира — нечто гораздо большее, чем голые факты. Безусловно, сами по себе они и убедительны, и удивительно красивы, но и образ мыслей, приведший нас к ним, — тоже огромное достижение. И важно понять, что именно эти принципы говорят о том, как мы — люди — вписываемся в общую картину мира.

### II

Я выбрал десять общих принципов устройства физического мира — тех, которые видятся мне ключевыми, — и посвятил каждому по главе. В основной части каждой главы я сначала объясняю тему и рассматриваю ее

с разных точек зрения, а затем делаю некоторые обоснованные предположения о ее будущем. Строить эти предположения было увлекательно; надеюсь, что и вас они заинтересуют. Кроме того, с их помощью я стараюсь донести еще одну важную мысль: наше понимание мира не стоит на месте, а постоянно развивается.

Я старательно разграничиваю предположения и факты, а говоря о фактах, указываю способ их наблюдения и вид экспериментов, давших соответствующие результаты. Возможно, наиболее фундаментальный вывод таков: мы *и в самом деле* очень глубоко понимаем многие свойства физического мира. Альберт Эйнштейн сказал: «То, что [Вселенная] постижима, — это чудо». Это открытие тоже далось человечеству ценой больших усилий.

Именно потому, что постижимость Вселенной так удивительна, ее необходимо доказать, а не просто предположить. И самое весомое доказательство здесь — то, что наше понимание мироустройства, пусть и неполное, открыло нам путь к новым достижениям и делам, великим и невероятным.

Своими исследованиями я пытаюсь заполнить пробелы в нашем понимании мира и придумать новые эксперименты, раздвигающие границы возможного. Создавая эту книгу, я с удовольствием бросил взгляд назад и восхитился успехами, которых сообщество достигли целые поколения ученых и изобретателей, живших в разное время и в разных странах.

### III

Книга «Основы реальности», кроме того, предлагает альтернативу традиционным религиозным постулатам. Некоторые из затронутых здесь вопросов рассматриваются и в религии, но я обращаюсь к физической реальности, а не к священным текстам или традициям. Многие из моих героев-ученых — Галилео Галилей, Иоганн Кеплер, Исаак Ньютон, Майкл Фарадей, Джеймс Клерк Максвелл — были набожными христианами, представителями своего времени и своей среды. Они постигали и восславляли Бога, изучая Его творения. Взгляды Эйнштейна, человека в общепринятом смысле нерелигиозного, были похожими. Он часто говорил о Боге (или «Старике», как он называл его) в шуточной форме.

Известен, например, его афоризм: «Господь Бог коварен, но не зол». Истинный смысл работы этих ученых — как и моей работы при написании этой книги — выходит за рамки догм, как религиозных, так и антирелигиозных. Мне нравится формулировать это так: изучая устройство мира, мы изучаем, как и что творит Бог, и тем самым *узнаем, что Он есть*. А значит, в каком-то смысле наш поиск знаний — это поклонение, а наши открытия — откровения.

#### IV

Написание этой книги изменило мое восприятие мира. «Основы реальности» задумывалась как изложение фактов, но переросла в размышление о них. Когда я обобщал материал, передо мной неожиданно возникли две всеобъемлющие темы, ясность и глубина которых меня поразили.

Первая тема — изобилие. Мир большой. Конечно, достаточно взглянуть в ясное ночное небо, чтобы понять, как велико пространство «вне нас». Когда после более тщательного изучения мы отражаем это величие в числах, от их громадности наш мозг вскипает. Но безграничность Вселенной — лишь один из аспектов изобилия Природы, причем не самый важный для человечества.

Прежде всего, как выразился Ричард Фейнман, «внизу полным-полно места»\*. В каждом из нас гораздо больше атомов, чем звезд в видимой Вселенной, а наш мозг содержит примерно столько нейронов, сколько звезд в нашей Галактике. Вселенная внутри нас не менее велика, чем Вселенная вовне.

Это касается не только пространства, но и времени. Масштабы космического времени поражают. Время, прошедшее с момента Большого взрыва, несопоставимо больше продолжительности жизни человека. И все же — мы поговорим об этом дальше — за свое короткое существование человек переживает гораздо больше ярких осознанных моментов,

---

\* Отсылка к лекции Ричарда Фейнмана «Внизу полным-полно места: приглашение войти в новую область физики», прочитанной в Калтехе в 1959 году. Новая область физики — то, что сейчас называется нанотехнологией. Перевод лекции на русский язык см.: Российский химический журнал (Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева). 2002. Т. XLVI. № 5. *Прим. пер.*

чем промелькнуло в истории вселенной человеческих жизней. Нам даровано огромное внутреннее время.

Физический мир также изобилует до сих пор не освоенными ресурсами для созидания и познания. Наука выяснила, что вокруг нас этих ресурсов и энергии гораздо больше, чем мы сейчас используем во всех известных и доступных формах. Осознание этого должно придать нам уверенности и разбудить наши амбиции.

Наши не вооруженные приборами органы чувств позволяют воспринимать лишь часть той реальности, которую могут открыть нам научные исследования. Возьмем, например, зрение. Глаза — наш важнейший, самый информативный канал связи с внешним миром. Но сколько же всего они не замечают! Лишь телескопы и микроскопы открывают нам путь к огромному количеству информации, недоступной простому взгляду. Более того, наше зрение ограничено одной октавой — диапазоном видимого света — из всей бесконечной гаммы электромагнитного излучения: от радиоволн, СВЧ и инфракрасного излучения с одной стороны до ультрафиолета, рентгеновских лучей и гамма-лучей с другой. И даже в пределах этой октавы наше цветовое восприятие размыто. Но хотя от наших чувств и скрыты многие аспекты реальности, разум позволяет нам значительно расширять границы восприятия. И это преодоление природных ограничений — наше грандиозное, нескончаемое приключение.

## V

Вторую тему книги я обозначу так: чтобы по-настоящему открыть физической Вселенной сердце, нужно «заново родиться». Когда я работал над текстом, родился мой внук Люк. И пока я писал черновик, я наблюдал за ним первые несколько месяцев его жизни. Я видел, как он, широко раскрыв глаза, рассматривает свои ручки и осознает, что сам ими управляет. Я видел удовольствие, с которым он учился хватать предметы. Я наблюдал его маленькие эксперименты: как он эти предметы ронял и искал их, как повторял это раз за разом, будто бы не очень уверенный в результате, как смеялся от радости, находя их. И я понял, что таким способом (и многими другими) Люк строил модель мира. Он делал это

с ненасытным любопытством, ведь базовых представлений у него почти не было. Взаимодействуя с миром, он узнавал то, что почти все взрослые считают само собой разумеющимся. Например, что мир делится на «я» и «не-я», что с помощью мыслей можно управлять своими движениями, а чужими — нельзя, и что, рассматривая объекты, мы не меняем их свойства.

Младенцы похожи на маленьких ученых-экспериментаторов. Но их эксперименты, по меркам современной науки, довольно примитивны. Младенцы «работают» без телескопов, микроскопов, спектроскопов, магнитометров, ускорителей частиц, атомных часов и прочих инструментов, которые мы используем, строя наши самые правильные и точные модели мира. Их опыт ограничен небольшим диапазоном температур; они находятся в атмосфере с особым химическим составом и давлением; гравитация Земли тянет их (и все, что вокруг них) вниз, а поверхность Земли поддерживает их... и еще многое другое. Младенцы конструируют модель мира, которая объясняет то, что они испытывают *в границах возможностей их восприятия в заданном пространстве*. Для практических целей такое общение с миром необходимо: эти полезные уроки, усвоенные в детстве, помогут нам во взрослой жизни. Но современная наука дает понять, что физический мир сильно отличается от модели, которую мы строим в младенчестве.

Если мы снова откроем сердца, разбудим заснувшее любопытство и отбросим предубеждения — то есть позволим себе как бы родиться снова, — мы придем к другому пониманию мира. Мы должны научиться некоторым вещам. В основе мира лежит несколько ключевых строительных блоков, которые подчиняются строгим, но странным и незнакомым правилам. И чтобы разобраться в них, нам лучше отбросить кое-что из уже выученного.

Квантовая механика показывает, что мы не можем наблюдать объект, так или иначе не изменив его. Каждый из нас получает свои уникальные сообщения из внешнего мира. Представьте, что вы с другом сидите в темной комнате и смотрите на тусклую лампу. Сделайте свет очень, очень слабым, например накрыв лампу несколькими слоями ткани. В конце концов и вы, и ваш друг будете видеть только отдельные вспышки.



Но вы увидите вспышки в разное время. Свет разбился на отдельные кванты, а квант нельзя разделить между вами. Уже на этом фундаментальном уровне мы можем ощущать себя в разных мирах.

Психофизика показывает, что сознание не руководит большинством действий, а обрабатывает отчеты о них. Отчеты приходят от «несознательных» областей мозга, которые выполняют эту работу. Используя технику, известную как транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС)\*, можно стимулировать двигательные центры левого или правого полушария в головном мозге испытуемого. Сигнал ТМС, правильно поданный в правый двигательный центр, вызовет подергивание левого запястья, а сигнал ТМС, правильно поданный в левый двигательный центр, вызовет подергивание правого запястья. Нейрофизиолог Альваро Паскуаль-Леоне\*\* использовал эту технику в простом и гениальном эксперименте, который позволяет сделать глубокие выводы. Он просил испытуемых после получения команды решить, хотят ли они подвигать правым или левым запястьем. Затем им давалось указание после получения дополнительной команды осуществить задуманное действие. В эксперименте использовался сканер мозга, поэтому можно было наблюдать, как двигательные области испытуемых подготавливают движение. Если испытуемый решал подвигать правым запястьем, его левая двигательная область активизировалась; если левым — активизировалась правая. Таким образом, выбор можно было предсказать до того, как испытуемый делает какое-либо движение. А теперь важный момент. Время от времени Паскуаль-Леоне посылал сигнал ТМС, возбуждающий не тот центр, который соответствовал выбору испытуемого (и, как оказалось, отменяющий этот выбор). В этом случае человек подчинялся сигналу, а не своему изначальному выбору. Интересно то, как люди объясняли случившееся. Они *не говорили*, что ими руководила какая-то внешняя сила. Они говорили: «Я передумал(а)». Детальные исследования показывают, что

---

\* Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС, англ. Transcranial magnetic stimulation, TMS) — метод, позволяющий неинвазивно стимулировать кору головного мозга при помощи коротких магнитных импульсов. *Прим. ред.*

\*\* Альваро Паскуаль-Леоне (р. 1961) — испано-американский профессор неврологии в Гарвардской медицинской школе, с которой он работает с 1997 года. *Прим. ред.*

наше тело и мозг — физическая основа нашего «я» — вопреки всякой интуиции построены из того же материала, что и «не-я», и неотрывны от него. Мы, как и младенцы, торопимся поскорее во всем разобраться и в результате приходим к неправильным выводам. На пути к более глубокому пониманию мира и себя нам придется многое отринуть, но и многому научиться.

## VI

Рождаться заново непросто. Но, как и езда на американских горках, это очень захватывающе. И тех, кто готов почувствовать себя младенцем в науке, ждет награда: мир предстанет перед ними свежим, ясным и удивительно изобильным, таким, каким видел его Уильям Блейк:

В одном мгновенье видеть вечность,  
Огромный мир — в зерне песка,  
В единой горсти — бесконечность,  
И небо — в чашечке цветка\*.

---

\* Перевод С. Маршака. *Прим. ред.*