

ФИЗИКА · ВЕЛИКИЕ ИМЕНА

КАРЛО РОВЕЛЛИ



ПЕТЛЯ НЕРЕАЛЬНОСТИ



Путешествие в сердце
квантовой гравитации



БОМБОРА
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Физика. Великие имена

Карло Ровелли

**Петля нереальности. Путешествие
в сердце квантовой гравитации**

«ЭКСМО»

2014

УДК 530
ББК 22.31

Ровелли К.

Петля нереальности. Путешествие в сердце квантовой гравитации /
К. Ровелли — «Эксмо», 2014 — (Физика. Великие имена)

ISBN 978-5-04-255644-9

Научно-популярная книга Карло Ровелли о том, что пространство и время, возможно, не непрерывны, а состоят из мельчайших неделимых частей. Автор показывает, как эта идея развивалась от древнегреческих философов до Эйнштейна и современной квантовой гравитации. Вы узнаете, почему физики считают, что пространство может быть дискретным, а не гладким; совершите путешествие от Демокрита и атомистов до Эйнштейна и теории квантовой гравитации; узнаете о квантовой геометрии, дискретном пространстве и о том, почему на фундаментальном уровне времени может не быть, ну и разберете черные дыры, энтропию и термодинамику. Ровелли пишет доступно, привлекая историю, философию и литературу. Книга для тех, кто хочет понять современную физику и космологию.

УДК 530
ББК 22.31

ISBN 978-5-04-255644-9

© Ровелли К., 2014
© Эксмо, 2014

Содержание

Предисловие	6
Часть первая	8
1	9
Конец ознакомительного фрагмента.	11

Карло Ровелли

Петля нереальности: путешествие в сердце квантовой гравитации

© 2014, Raffaello Cortina Editore

© Малышева А.А., перевод на русский язык, 2026

© Оформление. ООО «Издательство „Эксмо“», 2026

Научная редакция Ольги Сажиной, доктора физ.-мат. наук, ведущего научного сотрудника Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга

Предисловие

Прогулки у моря

Мы одержимы собой, Мы изучаем собственные историю, психологию, философию, литературу, собственных богов, Многое из познанного – это постоянное хождение человека по кругу вокруг самого себя, словно мы – самое важное во Вселенной. Наверное, потому я так люблю физику: за то, что она распахивает окно в мир, наполняя комнату свежим ветром и открывая взору вид, от которого не устает изумляться.

О Вселенной мы узнали невероятно много, осознали на протяжении веков множество своих ошибок. Когда-то мы верили, что Земля плоская, что она неподвижно покоится в центре мироздания, а сама Вселенная мала и всегда остаётся неизменной. Люди полагали, что они – особая порода, не родственная другим биологическим видам. Со временем, однако, мы открыли кварки, чёрные дыры, частицы света, волны пространства и причудливые молекулярные конструкции в каждой клетке нашего тела. Человечество подобно ребёнку, который растёт и с изумлением обнаруживает, что мир – это не только его комнатка и детская площадка, но нечто огромное, где есть тысячи неизведанных вещей и идей, непохожих на те, среди которых он вырос. Вселенная многообразна и безгранична, и мы продолжаем открывать всё новые её грани. Чем больше мы познаём мир, тем больше поражаемся его разнообразию, красоте и простоте.

И в то же время, чем больше мы открываем, тем яснее осознаём: неизвестного больше, чем уже понятого. Чем мощнее телескопы, тем более странные и неожиданные небеса мы видим. Чем глубже мы вглядываемся в мельчайшие детали материи, тем более фундаментальные структуры обнаруживаем. Сегодня мы можем восстановить картину мира почти до самого Большого взрыва – грандиозного явления, породившего 14 миллиардов лет назад все галактики на небе; но уже начинаем различать, что есть нечто и за его пределами. Мы узнали, что пространство искривляется, и уже мало-помалу понимаем, что само это пространство соткано из вибрирующих квантовых зёрен.

Наши знания об элементарной грамматике мира неуклонно растут. Если попытаться собрать воедино всё, что мы узнали о физическом мире в XX веке, все указания ведут к чему-то глубоко отличному от представлений о материи и энергии, о пространстве и времени, которым нас учили в школе. Проступает элементарная структура мира, в которой не существует ни времени, ни пространства, рождённая множеством квантовых событий. Квантовые поля формируют пространство, время, материю и свет, обеспечивая обмен данными между событиями. Реальность – это сеть гранулированных явлений; динамика, связывающая их, вероятностна; пространство, время, материя и энергия между ними растворяются в облаке этих вероятностей.

Этот новый и странный мир медленно проступает сегодня из изучения главной нерешённой задачи фундаментальной физики – *квантовой гравитации*. Задача эта состоит в координации того, что мы поняли о мире благодаря двум великим открытиям физики XX века – общей теории относительности и квантовой теории. Именно квантовой гравитации и тому удивительному миру который она открывает перед нами, и посвящена эта книга.

Это живой рассказ о научном поиске: о текущих открытиях, устоявшемся знании и зарождающихся прозрениях относительно фундаментальной сути мироздания. Она берёт начало у истоков ключевых идей, помогающих сегодня сформировать стройную картину мира. В ней раскрываются два величайших прорыва XX века – общая теория относительности Эйнштейна и квантовая механика, при этом акцент сделан на самой сути их физического содержания.

В книге раскрывается образ Вселенной, который складывается при изучении квантовой гравитации, учитывая самые современные «подсказки» Природы, например, подтверждение Стандартной космологической модели космической обсерваторией «Планк» (2013) и отсутствие следов суперсимметричных частиц в ЦЕРНе (2013), ожидавшихся многими учёными. В ней также рассматриваются следствия этих идей: дискретная структура пространства, растворение времени в микромире, физика Большого взрыва, термодинамическая природа чёрных дыр и наметившееся понимание того, какую роль в основах физики играет информация.

Вспомним знаменитый платоновский миф из Седьмой книги «Государства»: люди, скованные цепями в глубине тёмной пещеры, видят лишь тени на стене, отбрасываемые огнём за их спинами. Они принимают эти тени за подлинную действительность. Но вот один из этих людей вырывается на свободу, покидает пещеру и впервые видит солнечный свет и безграничный мир. Сначала его ослепляет непривычная яркость, он теряется. Однако постепенно зрение привыкает, и, вернувшись к узникам, человек в восторге делится своим открытием. Но товарищам, познавшим лишь мир теней, нелегко поверить его словам.

Так и все мы находимся в глубине пещеры, скованные цепями собственного невежества и предрассудков, а наши слабые чувства показывают лишь тени. Любые попытки увидеть дальше часто смущают нас: мы не привыкли к такому; и всё же мы продолжаем идти вперед. Наука и есть такие искания. Научная мысль исследует и переосмысливает мир, предлагая всё более точные его образы: она учит мыслить эффективнее. Наука – это непрерывное исследование форм мышления. Её сила – в умении разрушать предвзятые идеи, открывать новые грани реальности и создавать новые, более совершенные образы мира. Это путешествие в неизведанное опирается на всю накопленную сумму знаний, но душа его – в переменах, в стремлении заглянуть дальше. Мир огромен и красочно переливчат; мы хотим увидеть его, погрузиться в его тайну и красоту – ведь там, за горизонтом лежат ещё неисследованные земли. Неопределённость, в которой мы пребываем, шаткость нашего положения над бездной необъятного и неизвестного, не лишает жизнь смысла – напротив, делает её еще более ценной.

Эту книгу я написал, чтобы рассказать о том, что лично для меня является чудом и истинной целью этого приключения. Я писал её для читателя, который ничего не знает о физике, но которому любопытно открыть для себя то, что сегодня мы понимаем и чего не понимаем об элементарном устройстве мира, и в каком направлении ищем. А также – как попытку передать невероятную палитру реальности, открывающейся с этой точки зрения.

Я писал её и для коллег, сопровождавших меня в этом путешествии, разбросанных по всему миру, и для молодых энтузиастов науки, которые только собираются вступить на этот путь. Моей задачей было создать целостный образ физической реальности, преломлённый сквозь призму как теории относительности, так и квантовой механики. Это не просто популярное изложение; эта книга – попытка предложить связное видение в области, где за технической сложностью языка нередко теряется общая картина.

Наука создается экспериментами, гипотезами, уравнениями, вычислениями и дискуссиями, но всё это – лишь инструменты, подобные инструментам музыканта. В музыке в конечном итоге важна сама музыка, а в науке – то понимание мира, которое она нам дарит. Чтобы постичь смысл открытия того, что Земля обращается вокруг Солнца, не нужно погружаться в детальные расчёты Коперника; чтобы осознать значимость идеи общего происхождения всего живого, не нужно проследивать все тонкости аргументации Дарвина. Суть науки – в умении читать великую книгу Природы, постоянно расширяя поле зрения.

В этой книге я делюсь сегодняшним видением этого поиска, моим пониманием нынешнего состояния дел, стремясь прояснить главные узлы и их взаимосвязи. Это попытка представить, как я ответил бы коллеге и другу на вопрос: «Ну а ты сам как считаешь, что происходит на самом деле?», так, словно бы между нами завязалась неспешная беседа долгим летним вечером на берегу моря.

Часть первая Истоки



Эта книга берет свое начало в Милете двадцать шесть веков назад. Но почему вдруг в работе о квантовой гравитации заходит речь о столь древних событиях, людях и идеях? Да простит меня читатель, который спешит добраться до квантов пространства, но идеи, как правило, гораздо легче понять, если проследить их от самых корней, а многие концепции, впоследствии оказавшиеся действенными для постижения мира, зародились более двух тысячелетий назад. Кратко осветив путь их возникновения, мы яснее их осмыслим, и тогда последующие шаги покажутся простыми и естественными.

Но есть и нечто большее. Некоторые проблемы, поставленные давным-давно, и по сей день не теряют своей актуальности для постижения мира, а порой даже самые современные представления о структуре пространства отсылают к понятиям и вопросам, введенным в ту далёкую эпоху. Говоря о древних идеях, я сразу же обозначаю фундаментальные вопросы, которые будут ключевыми для понимания основ квантовой гравитации. Это позволит, представляя ее, отделить ту часть идей, что восходит к истокам научной мысли (пусть они и кажутся нам подчас непривычными), от тех её аспектов, что являются радикально новыми. Мы увидим, что связь между проблемами, поставленными мыслителями древности, и решениями, найденными Эйнштейном и квантовой гравитацией, очень тесна.

1

Зёрна реальности

– По преданию, в 450 году до нашей эры некий человек сел на корабль, отправлявшийся из Милета в Абдеры (рис. 1, 1). Это плавание стало поворотным моментом в истории познания.

Вероятно, он бежал от политических потрясений в Милете, где знать жестокими методами возвращала себе утраченную власть. В те времена Милет процветал, будучи богатейшим городом Греции, быть может, главным в эллинском мире до золотого века Афин и Спарты. Как крупный торговый центр, он управлял сетью из почти сотни колоний и факторий, раскинувшейся от Черного моря до Египта. Сюда прибывали караваны из Месопотамии, корабли со всего Средиземноморья, а вместе с ними – новые идеи.



Рис. 1.1. Путешествие Левкиппа из Милета, основателя атомистической школы (около 450 г. до н. э.)

За предшествующее столетие в Милете совершился переворот в мысли, определивший судьбу человечества. Школа мыслителей заново утвердила сам способ ставить вопросы о мире и искать на них ответы. Величайшим из них был Анаксимандр.

Испокон веков – по крайней мере с тех пор, как до нас дошли письменные свидетельства, – люди задавались вопросами о происхождении мира, его устройстве, природе вещей и причинах явлений. Тысячелетиями ответы звучали удивительно схоже: запутанные истории о духах, богах, вымышленных и мифических животных и тому подобное. От клинописных табличек до древнекитайских текстов, от иероглифических надписей в пирамидах до мифов народа сиу, от древнейших индийских писаний до Библии, от африканских сказаний до преданий австралийских аборигенов – всюду одно и то же пёстрое, но, в сущности, утомительное шествие Пернатых Змеев, Великих Коров, гневливых, вздорных или милостивых богов, творящих мир дыханием над бездной, изрекающих «Fiat lux» или являющихся из каменного яйца.

А потом, в начале VI века до нашей эры, в Милете Фалес, его ученик Анаксимандр, Гекатей и их школа открывают иной путь поиска ответов; путь, который не взывает к мифам, духам и богам, но ищет разгадку в самой природе вещей. Этот небывалый переворот мысли рождает новый способ познания и знаменует первый рассвет научного мышления.

Милетцы понимают, что умело применяя наблюдение и разум, не ища в фантазиях, древних мифах и религии ответов на то, чего мы не знаем, и, главное, искусно пользуясь критическим мышлением, можно снова и снова пересматривать свой взгляд на мир, открывать грани реальности, невидимые невооружённому глазу, и узнавать новое.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.