



НАУЧПОП ДЛЯ ВСЕХ

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ ВРЕМЕНИ

КАРЛО
РОВЕЛЛИ

Научпоп для всех

Карло Ровелли

Краткая теория времени

«Издательство АСТ»

2014

УДК 53
ББК 22.3

Ровелли К.

Краткая теория времени / К. Ровелли — «Издательство АСТ»,
2014 — (Научпоп для всех)

ISBN 978-5-17-133333-1

Что, если времени не существует? Времени, которое мы привыкли мерить часами, сутками, неделями и месяцами, плавно перетекающими в года и десятилетия. Карло Ровелли исследует непреходящую тайну времени и пространства, сталкивая и объединяя друг с другом различные теории. Чем «теория петель» отличается от «теории струн» и каким преимуществом перед ней она обладает? В формате PDF A4 сохранён издательский дизайн.

УДК 53
ББК 22.3

ISBN 978-5-17-133333-1

© Ровелли К., 2014
© Издательство АСТ, 2014

Содержание

Предисловие научного редактора	6
Предисловие ко второму изданию	8
Пролог	9
1. Необыкновенная проблема: квантовая гравитация	12
Конец ознакомительного фрагмента.	14

Карло Ровелли

Краткая теория времени

ET SI LE TEMPS N'EXISTAIT PAS?

Carlo Rovelli

Печатается с разрешения Dunod Editeur S.A.



Серия «Научпоп для всех»

Originally published in France as:

Et si le temps n'existait pas? By Carlo ROVELLI

© 2014 Dunod, Paris, for the 2nd edition

© перевод Мурашов А. Н., 2020

© ООО «Издательство АСТ», 2021

* * *

Предисловие научного редактора

Академическая традиция диктует вполне определенную стилистику текста: он должен быть ясным и точным, формулировки – однозначными. В естественных науках это приводит к тому, что научные статьи или книги оказываются насыщены формулами и математическими выражениями, поскольку именно математика является языком современной науки, подобно тому как была им латынь в Средние века.

В научно-популярной литературе это правило не работает, поэтому ученые так редко берутся за трудное дело популяризации науки, изложения ее достижений и идей для людей образованных, но не имеющих специальной подготовки. Интеллектуально развитые люди часто интересуются вопросами и темами, далекими от их профессиональных интересов, и при этом им интересно мнение компетентных специалистов. Как изложить знание, лежащее за пределами школьной программы, просто? Как изложить знание, по которому нет специальных курсов и во многих университетах?

Квантовая теория гравитации – непростая тема для научно-популярной литературы, поскольку как минимум требует знаний как по общей теории относительности, так и по квантовой теории. Помимо этого, нельзя утверждать даже то, что квантовая теория гравитации построена хотя бы в общих чертах. Ведь только эксперимент или, если он невозможен (как, например, в астрономии), наблюдения являются критерием истинности теоретических построений, а без них любая теория – не более чем умозрительная конструкция. Мы ожидаем, что квантовое «основание» гравитации должно проявляться в условиях сильного гравитационного поля, на экстремально малых (планковских) масштабах пространства-времени, т. е. вблизи гравитационного радиуса черной дыры и под ним, а также имеет непосредственное отношение к рождению Вселенной. Однако обе эти «лаборатории» надежно скрыты горизонтами событий, и пока мы только подбираем «отмычки» к этим сейфам.

Часто говорят, что математический аппарат теории относительности и квантовой теории (особенно квантовой теории поля) очень сложен. На практике это означает, что он лежит за пределами школьного курса математики и концептуально может противоречить обыденным представлениям. Освоение математического аппарата, безусловно, требует некоторого времени. Математики создают язык природы, но физики пишут уравнения, которым она следует.

Таким образом, основная проблема, с которой сталкивается квантовая теория гравитации, – это все же не сложность математического аппарата, а отсутствие ясных перспектив наблюдательной проверки. В этом контексте поучительна история, случившаяся с теорией космологической инфляции. Эта теория, описывающая физические процессы во Вселенной, когда ее возраст был порядка 10^{-33} секунды, бурно развивалась в восьмидесятых и девяностых годах прошлого века, стала подлинным прорывом в космологии и позволила объяснить многие наблюдаемые свойства Вселенной. Космологическая инфляция – лучшее, что у нас есть для описания очень ранней Вселенной, но без измерений амплитуды первичных гравитационных волн, она все еще является скорее парадигмой, хорошо просчитываемой в различных возможных вариантах, но не полноценной теорией. Без наблюдений любая теория «буксует».

В настоящее время есть несколько концепций, претендующих на роль квантовой теории гравитации, и уже это означает, что до финиша еще далеко. Книга Карло Ровелли посвящена петлевой квантовой теории гравитации. Станет ли именно эта теория основной, пока неизвестно. Но, без сомнения, эта книга будет интересна читателям не только рассказом о том, что такое квантовая пена пространства-времени и планковская звезда, но и как философское и отчасти биографическое эссе, из которого проступает крайне привлекательная фигура автора – подлинного и бескорыстного рыцаря науки.

*Е. В. Михеева,
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник
отдела теоретической астрофизики Астрокосмического центра ФИАН
11 августа 2020 г.*

Предисловие ко второму изданию

Карло Ровелли – физик-теоретик, один из создателей петлевой теории квантовой гравитации, построения, математическая сложность которого устрашает. Однако, когда я увидела и услышала его на одном собрании представителей разных наук, оказалось, что он вполне способен говорить о своей работе так ясно, что и пятнадцатилетний подросток понял бы его, и притом говорить с таким страстным увлечением, что юный слушатель сам бы захотел стать физиком.

Работа Карло Ровелли связана с передовыми методами в науке, но он никогда не уступает стремлению к формальной эквилибристике ради нее самой. Он постоянно держит в уме те вопросы, на которые наука должна дать ответ. Благодаря такому неослабевающему вниманию к целям науки Ровелли стал чудесным популяризатором. В общих схемах и в ясной манере он создает картину, по которой читатель может судить о фундаментальной физике, и указывает на недостатки в системе – на те вопросы, которые остаются открытыми и поглощают внимание физиков сегодня.

Кроме того, помимо самой физики, Ровелли касается науки в целом, ее отношений с другими областями познания и ее роли в обществе. Физик – не отрешенный от реальности технический специалист, он не может им быть. Мир, который его волнует, – один и тот же и в адронном коллайдере, и каждое утро за окном. Лучше, чем кто-либо еще из ученых, Карло Ровелли дает нам почувствовать напряженную связь между деятельностью физика-исследователя и шумом повседневной реальности.

Итальянский издатель Санте Ди Ренцо с огромной проницательностью обратился к Карло Ровелли с мыслью о тексте, адресованном молодежи, которой было бы любопытно вступить на поприще науки. Из многих бесед о занятиях физика родилась книга *Che cos'è il tempo? Che cos'è lo spazio?* («Что такое время? Что такое пространство?»).

Когда у меня самой возникла идея опубликовать ее, после того как я услышала Ровелли на конференции, он предложил мне переработать текст, развивая его идеи как в плане научного содержания, так и в плане размышлений о науке. И вот появился текст более пространный и более заостренный тематически, настоящая «вершина мысли», книга, которую вы держите в руках. Из него узнаешь, куда пойдет наука завтра и почему она возвращается к Аристотелю, как можно себе представить «зерно» пространства-времени и каким образом ученые занятия такого рода могут играть важную роль для всего развития цивилизации.

Это не научный труд; скорее это рассказ о научном мышлении, о том любознательном складе ума, который столь естественен у детей и который так трудно сохранить.

Элиза Брюн,
научный журналист

Пролог

Очень большую часть своей жизни я посвятил научным исследованиям, но сама наука для меня стала запоздалой страстью. В молодости меня больше очаровывал сам мир вокруг, мир в целом.

Я рос в Вероне, в спокойной семейной обстановке. Мой отец, человек редкого ума, осторожный и сдержанный, был инженером и управлял собственной фирмой. Я перенял от него любопытство к миру. Мать, истинная итальянка, подарила единственному сыну безусловную любовь. Она помогала мне в «исследованиях», которые я проводил в начальной школе, и подпитывала во мне интерес к открытиям.

Я ходил в классический лицей в Вероне, где основной упор в обучении был на греческий язык и историю, нежели на математику. В этом заведении поощрялась культурная деятельность, но она отдавала провинциальной претенциозностью и была подчинена единственной цели – охранять привилегии и самоидентификацию местной буржуазии. Многие преподаватели до войны были фашистами и в глубине души таковыми и остались. Это было в шестидесятых-семидесятых годах, когда конфликт поколений приобрел особенную остроту. Мир быстро менялся. Многие взрослые, которых я тогда знал, болезненно воспринимали перемены. Они занимали бесплодные оборонительные позиции и косно держались их. Я им мало доверял, но еще меньше я доверял своим преподавателям. У меня постоянно происходили столкновения с ними, да и с другими людьми, обладавшими авторитетом.

Моя молодость была бунтарской. Я не мог признать своими те ценности, о которых говорили старшие. Мое умственное развитие происходило в замешательстве и недоумении, ничто не казалось мне определенным и ясным. Понятно было одно: мир, который я видел, явно отличался от такого, который я мог бы считать прекрасным и справедливым. Я мечтал стать бродягой и распрощаться с обыденной реальностью, которая мне не нравилась. Я жадно читал книги, в которых говорилось о совсем иных образах жизни, о совсем иных идеях. В каждой книге, которую я еще не прочел, мне мерещились восхитительные сокровища.

В годы учебы в Болонском университете я встретил множество людей своего поколения, которые так же, как я, враждовали с миром. Мы хотели его изменить, сделать лучше, справедливее, найти новые способы жить и любить, попробовать жизнь в новых типах сообществ, все испытать. Мы все время влюблялись и спорили до бесконечности. Мы хотели научиться видеть реальность без предвзятых суждений. Мы то переживали периоды становления и развития, то видели, как нам казалось, занимавшуюся зарю нового мира.

В эту эпоху мы жили мечтами. Много путешествовали: мысленно и в реальности, в поиске друзей и свежих идей. В двадцать лет я отправился в продолжительное кругосветное путешествие. Я хотел приключений в «поиске истины». Сегодня, в пятьдесят лет, я улыбаюсь своей тогдашней наивности, но мне все равно кажется, что это был хороший жизненный выбор. Некоторым образом приключения, начавшиеся в то время, продолжают для меня и сейчас. Дорога не всегда была легкой, но безудержные надежды и не знающая пределов мечта не оставляли меня: нужна была только смелость, чтобы им следовать.

Вместе с группой друзей я открыл одну из первых свободных радиостанций того времени, «Радио Аличе» в Болонье. Микрофон был доступен каждому, кто хотел выразить свои мысли и чувства. На «Радио Аличе» смешивались опыт и утопические чаяния. С двумя своими друзьями я написал книгу об итальянском студенческом восстании в конце семидесятых. Революция была задушена, и порядок восстановлен. Не так-то просто менять мир.

В середине университетского обучения я почувствовал, что я в тупике, почувствовал горечь от того, что мечты, охватившие было половину планеты, вот-вот развеются. У меня не было никаких мыслей насчет того, что делать со своей жизнью дальше. Взять курс на восхож-

дение по социальной лестнице, зарабатывать деньги и подбирать крохи власти – такие перспективы внушали лишь тоску. Это не для меня. Но оставался целый мир, который я мог исследовать, и за облаками мне виделись бескрайние просторы.

Я уже имел дело с научными исследованиями и открыл в них пространство свободы, простор для приключений, столь же необычайных, сколь и древних. До тех пор я учился ради экзаменов и, главное, ради отсрочки от службы в армии. Но постепенно предмет изучения начал меня интересовать, а вскоре и вовсе захватил.

На третьем году изучения физики в программе появляется «новая» физика, то есть науки XX века: квантовая механика и общая теория относительности. Это были завораживающие идеи, чрезвычайно важные революции в научном знании, которые изменяли само видение мира и опрокидывали старые представления, включая те, что считались наиболее устоявшимися. Благодаря им понимаешь, что мир не таков, каким мы его видим. Учишься смотреть на вещи совсем другими глазами. Отправляешься в чудесное путешествие в области мысли. Так я перескочил с прерванной культурной революции на продолжающуюся революцию в мышлении.

Посредством науки я открыл для себя образ мыслей, который сначала устанавливает правила, в рамках которых понимается Вселенная, а потом преобразует эти правила. Этот свободный поиск познания меня очаровал. Подталкиваемый собственным любопытством и еще, возможно, тем, что Федерико Чези, друг Галилея и визионер-пророк современной науки, называл «естественным желанием знать», я погрузился, сам того не замечая, в вопросы теоретической физики.

Мой интерес к ним возник, таким образом, в силу случайности и под воздействием любопытства, а не в результате сознательного выбора. В лице же мне хорошо давалась математика, но что меня больше всего привлекало, так это философия. Если в университете я решил изучать не ее, а физику, то лишь потому, что, испытывая презрение к общепризнанным учреждениям, считал философские проблемы слишком важными, чтобы обсуждать их на занятиях.

Итак, когда моя мечта о строительстве нового мира разбилась при столкновении с реальностью, я влюбился в науку, говорившую о бесконечном множестве новых миров, которые еще предстояло открыть, и дававшую мне возможность двигаться по свободному и светлому пути исследований всего того, что нас окружает. Наука стала для меня компромиссом: я не отрекался от желания перемен и приключений, она позволяла мне сохранить свободу мыслей и быть собой, минимизируя для меня конфликт со средой. Даже более того, я участвовал в том, что люди вокруг одобряли.

По-моему, в немалой степени интеллектуальный труд или творческая деятельность основаны на подобном маневре. Они дают прибежище тем, кто иначе пошел бы против норм общества. В то же время общество нуждается в людях такого типа, поскольку его состояние – динамическое равновесие: на него действуют, с одной стороны, силы, которые отвечают за его сохранение и стабильность и мешают беспорядку разрушить все, что уже построено, а с другой – желание перемен и жажда справедливости, которые стремятся ввести преобразования, заставляют общество развиваться и продолжать прогрессивное движение. Без этой воли к переменам цивилизация никогда бы не достигла того состояния, в котором пребывает сейчас. Мы по-прежнему поклонялись бы фараонам. На мой взгляд, любопытство и жажда перемен, особенно сильные в юности и проявляющие себя в каждом поколении, – это главный источник развития в обществе. Рядом с охранителями порядка, поддерживающими стабильность, но сдерживающими ход исторического развития, должны быть люди, живущие мечтой и устремляющиеся вперед, к открытию новых территорий, к оригинальным идеям, к необычным способам видеть и понимать реальность. Нынешний мир – результат мысли и созидательных усилий тех, кто был способен мечтать. Только новые сферы воображения могут породить будущее.

В этой книге рассказывается о нескольких этапах пути, который я прошел, следуя за своим любопытством и фантазией. Она об очаровании идей и о друзьях, которых я встретил на этом пути.

1. Необыкновенная проблема: квантовая гравитация

На четвертом курсе университета я наткнулся на статью английского физика Криса Ишема о *квантовой гравитации*. В статье говорилось, что остается нерешенной фундаментальная, лежащая в основании современной физики проблема, связанная с определениями времени и пространства, то есть базовых структур мира. Я с жадностью читал эту статью. Многого я не понял, но меня заворожил вопрос, освещенный в ней. Вот какова эта проблема в главных чертах.

Плачевное состояние фундаментальной физики

В великой научной революции XX века различается два крупных эпизода: с одной стороны, квантовая механика, с другой – общая теория относительности¹. Прекрасно описывающая микроскопический мир квантовая механика перевернула наше представление о материи. Теория относительности, точно объясняющая действие притяжения, радикально изменила наши познания о времени и пространстве. Эти две теории получили широкое подтверждение на практике и сделали возможным развитие современных технологий.

Но эти теории вели к двум разным картинам мира, на первый взгляд, несовместимым. Каждая из них излагается так, как если бы другой не существовало. То, что преподаватель рассказывает студентам об общей относительности, – просто чепуха для его коллеги, преподающего квантовую механику тем же студентам в соседней аудитории, и наоборот. Квантовая механика пользуется старинными понятиями о пространстве и времени, противоречащими теории относительности. А теория относительности применяет старинные понятия материи и энергии, противоречащие квантовой механике.

В настоящее время в физике нет общего пространства, где обе теории применялись бы одновременно. В зависимости от масштаба рассматриваемых явлений применяют то одну, то другую. В тех физических вопросах, к исследованию которых можно приложить обе, будь это сверхмалые масштабы, центр черной дыры или первые этапы существования Вселенной, наука соприкасается с уровнями энергии, труднодостижимыми для нашего оборудования.

Мы не знаем, в каких формулировках говорить об этих двух великих открытиях, и у нас нет общих рамок, в которых мы могли бы размышлять о мире. Мы находимся в положении шизофреников, с нашими отрывочными и несовместимыми между собой объяснениями. Дело доходит до того, что мы больше не знаем, что такое пространство, время и материя. Сегодня фундаментальная физика находится в плачевном положении.

Такие ситуации уже возникали в истории науки, например до объединяющей работы Ньютона. У Кеплера, наблюдавшего звезды и планеты, они двигались по эллипсам. У Галилея, изучавшего падение тел на поверхность земли, объекты следовали по параболическим траекториям. Но Коперник понимал, что Земля – такое же место во Вселенной, как и всякое другое. Следовательно, возможна была теория, которая оказалась бы в одинаковой степени подходящей и для земли, и для неба. Ньютон сумел примирить два воззрения в одной теории: одно и то же уравнение теперь было приложимо и к движению планет, и к движению падающих яблок.

¹ В научно-популярной литературе есть несколько терминов для обозначения одного и того же раздела физики – общей теории относительности. В англоязычной литературе ее название часто сокращается до «общей относительности», что может создавать путаницу между самой теорией гравитации и важным принципом, лежащим в ее основе. Очень часто эту теорию называют теорией относительности Эйнштейна, отдавая дань самому известному из создателей этой теории. Однако, как и квантовая теория, общая теория относительности – дитя многих отцов, поэтому логичнее и точнее называть общепринятую теорию гравитации именно так: общая теория относительности. – *Здесь и далее примеч. науч. ред., если не указано иное.*

На протяжении трех столетий господствовало это прекрасное единство. До начала XX века физика представляла собой собрание взаимосвязанных законов, основанных на малом числе ключевых понятий, таких как время, пространство, причинность и материя. И, несмотря на значительную эволюцию, эти понятия остались во многом неизменными.

К концу XIX века трудности, возникавшие в этом едином собрании то здесь, то там, превысили критическую массу, и в первой четверти XX века вековые основания физики были обращены в прах квантовой механикой и общей теорией относительности. Мир утратил прекрасное единство ньютоновской Вселенной.

Две новые теории добились огромного успеха и постоянно подтверждались экспериментами. Сейчас они стали законными частями установившегося знания. Каждая из них меняет базу классической физики со своей стороны, но у нас нет концептуально связанной картины, которая включала бы *обе* теории. Вследствие этого мы не можем предсказывать события там, где тяготение начинает проявлять признаки квантовых эффектов, там, где расстояние меньше 10^{-33} сантиметров. Это крайне малые масштабы, но следовало бы уметь описывать то, что происходит в них. Вселенная не может подчиняться законам, соответствующим двум разным и несовместимым теориям. В природе действительно происходят процессы на столь микроскопическом масштабе – вблизи момента Большого взрыва или рядом с черной дырой, например. И если мы хотим понять такие явления, то должны уметь вычислять, что происходит на уровне ничтожно малых масштабов. Значит, нужно тем или иным способом примирить две теории. Эта задача и представляет собой центральную проблему квантовой гравитации.

Как видно, проблема сложная. Но, со всей неустрашимостью своих двадцати лет, я решил на последнем курсе университета посвятить жизнь ее исследованию. Меня соблазняла мысль об изучении таких фундаментальных категорий, как время и пространство, и даже само то, что проблема представлялась неразрешимой.

В Италии тогда никто над ней не работал. Мои профессора убеждали меня не устремляться в этом направлении: «Эта дорога никуда не приведет», «Ты никогда не найдешь работу», «Лучше тебе присоединиться к сильному коллективу, твердо стоящему на ногах». Но такие советы от благоразумных зрелых людей часто только усиливают веселую решимость молодого человека. Ребенком я читал сказки итальянского писателя Джанни Родари. В одной из них рассказывается про Джованнино и дорогу, которая никуда не ведет. Этот персонаж жил в деревне, где есть такая дорога. Из любопытства и упрямства он захотел пойти по ней – вопреки всему, что слышал от других. Отправившись в путь, он, конечно же, обнаружил замок с принцессой, которая осыпала его драгоценными камнями. Когда он вернулся в таком виде в деревню, все тоже бросились бежать по той дороге, но никто не нашел никакого сокровища. Эта история запала мне в душу. В случае с квантовой гравитацией я тоже нашел дорогу, которая, по общему убеждению, никуда не вела. Пойдя по ней, я отыскал свою принцессу и немало драгоценных камней.

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.