


Содержание

Предисловие научного редактора.....	7
Предисловие ко второму изданию	11
Пролог	15
1. Необыкновенная проблема: квантовая гравитация.....	23
2. Пространство, частицы и поля.....	31
3. Рождение теории петлевой гравитации.....	53
4. Интерлюдия: наука, или Непрерывное изучение новых способов видеть мир.....	71

5. Петли: зерна пространства, сеть спина, первичная космология и температура черных дыр.....	97
6. Времени не существует.....	125
7. Петли, струны и прочее	159
Эпилог	181
Предметный указатель	191

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 тео-

рия 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 яс-

ной 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?»).

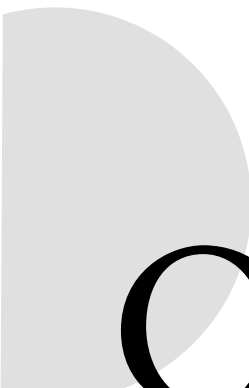
Когда у меня самой возникла идея опубликовать ее, после того как я услышала Ровелли на конференции, он предложил мне переработать текст, развивая его идеи как в плане научного содержания, так и в плане размышлений о науке. И вот появился текст более пространственный и более заостренный тематически, настоящая «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 отда-