

ГЕЛЬГОЛАНД

КАРЛО
РОВЕЛЛИ

ГЕЛЬГОЛАНД

красивая и странная
квантовая физика

 **БОМБОРА**
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 2024

УДК 530.145
ББК 22.3
P58

Helgoland
Carlo Rovelli

© 2020 adelphi edizioni s.p.a. milano
www.adelphi.it

Ровелли, Карло.

P58 Гельголанд. Красивая и странная квантовая физика / Карло Ровелли ; [перевод с итальянского А. К. Дамбис]. — Москва : Эксмо, 2024. — 176 с. — (Большая наука).

ISBN 978-5-04-166561-6

Ровелли превращает изучение квантовой механики в интересный научный и психологический опыт. В очередной раз меняет нашу точку зрения на основы физики, знаменитый ученый приглашает нас в увлекательное путешествие по Вселенной, чтобы мы могли лучше понять свое место в ней.

Что такое квантовая физика? Как она была задумана и что рассказывает нам о нас самих? На чем основывается концепция мира и как это сказывается на нашей жизни и ощущении пространства вокруг? На эти и другие вопросы автор отвечает на страницах книги.

УДК 530.145
ББК 22.3

ISBN 978-5-04-166561-6

© Дамбис А. К., перевод на русский язык,
2024
© Оформление. ООО «Издательство
«Эксмо», 2024

*Посвящается Тэду Ньюмэну,
который заставил меня
понять, что я не понимаю
квантовую механику*

Оглавление

Взгляд в бездну	9
-----------------------	---

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

I	15
1. Нелепая идея совсем юного Гейзенберга – «наблюдаемые»	15
2. Обманчивая «вероятность» Эрвина Шредингера	26
3. «Зернистость» мира – «кванты»	33

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

II	43
1. Суперпозиции	43
2. Если понимать волновую функцию ψ буквально: множественные миры, скрытые переменные и физические коллапсы	52
3. Принятие неопределенности	60
III	64
1. Было время, когда мир казался простым	64
2. Отношения	66
3. «Разжиженный» и легкий квантовый мир	71
IV	77
1. Запутанность	77
2. Танец для троих, который сплетает отношения мира	83
3. Информация	86

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

V	97
1. Александр Богданов и Владимир Ленин	97
2. Натурализм без содержания	108
3. Без основания? Нагарджуна	113
VI	124
1. Просто материя?	124
2. Что такое «смысл»?	128
3. Мир, как мы его видим изнутри	138
VII	147
Но возможно ли это?	147
Примечания	157

Взгляд в бездну

Мы с Чаславом сидели на песке в нескольких шагах от моря и уже несколько часов без умолку разговаривали. Мы выбрались на остров Ламма, что напротив Гонконга, во второй половине дня на время перерыва в конференции. Часлав — один из самых авторитетных специалистов по квантовой механике, и на конференции он представил исследование идеальной экспериментальной установки. Ее мы и обсуждали, идя по тропинке, что тянулась вдоль джунглей вплоть до самого пляжа, а потом продолжили обсуждение на берегу моря. На пляже возникла длительная пауза — мы любовались морем.

— Это действительно невероятно, — прошептал Часлав. — Как в это можно поверить? Как будто... реальности... нет...

Это мы о квантах. После целого столетия ошеломляющих результатов квантовой механики, которая подарила нам современные технологии и стала основой всей физики XX века, эта невероятно успешная научная теория изумляет нас, приводит в смятение и заставляет сомневаться.

Был момент, когда казалось, что в вопросе «грамматики» мира достигнута полная ясность: в основе всех разнообразных форм действительности лежат материальные частицы, которыми управляют несколько видов сил. Как

будто человечество сняло покрывало Майи и узрело основу действительности. Но это было ненадолго: многое в этой картине не сходилось.

До тех пор, пока летом 1925 года 23-летний немецкий юноша не уединился на несколько дней на продуваемом ветрами острове архипелага в Северном море под названием Гельголанд — Священный остров. Там он придумал, как можно объяснить не укладывающиеся в рамки факты и построить математическую конструкцию квантовой механики — «квантовую теорию». Это, возможно, величайшая научная революция всех времен. Звали юношу Вернер Гейзенберг, и я начинаю эту книгу с рассказа о нем.

Квантовая теория объяснила основы химии, цвет неба, устройство атомов, твердых тел и плазмы, а также нейронов нашего мозга, эволюцию звезд, происхождение галактик... тысячи и тысячи проявлений нашего мира. Она лежит в основе самых современных технологий — от компьютеров до атомных электростанций. Ею пользуются в повседневной работе инженеры, астрофизики, космологи, химики и биологи. Элементарные понятия этой теории включены в учебные программы старших классов. Она еще ни разу нас не подвела. Это сердце современной науки. И при этом она остается очень таинственной и несколько пугающей.

Квантовая теория разрушила картину мира, состоящего из частиц, которые движутся по определенным траекториям, и при этом не объяснила, как же мы теперь должны себе его представлять. Ее математический аппарат не описывает действительность, не говорит нам, «что же это». Далекие объекты кажутся волшебным образом связанными друг с другом. Вместо вещества — призрачные волны вероятности.

Любой, кто задастся вопросом, а что же говорит квантовая теория о реальном мире, приходит в недоумение. Эйнштейн, предвосхитивший ее идеи и указавший путь

Гейзенбергу, так и не смирился с ней; великий физик-теоретик второй половины XX века Ричард Фейнман писал, что квантовую механику не понимает никто.

Но наука как раз и состоит в изучении новых способов осмысления мира. Это и умение постоянно подвергать сомнению наши представления, и пронизательная сила мятежной критической мысли, способной изменять собственные концептуальные основы, переосмысливать мир с нуля.

Странности теории приводят нас в замешательство, но они же открывают новые перспективы понимания действительности, устройство которой оказывается сложнее, чем то, что предлагает нам упрощенное материалистическое представление о частицах в пространстве. Действительности, в которой первичны не объекты, а связи и отношения.

Теория открывает новые возможности переосмысления великих вопросов от строения мира до природы опыта, от метафизики до, быть может, природы сознания. Теперь это предмет бурных дискуссий между учеными и философами, и обо всем этом я собираюсь рассказать на последующих страницах.

На острове Гельголанд — голом, далеко, продуваемом северным ветром — Вернер Гейзенберг снял покрывало, разделявшее нас и истину, и за этим покрывалом оказалась пропасть. Наше повествование начинается на острове, где Гейзенберг придумал самые основы своего представления, чтобы потом перейти к обсуждению все более общих вопросов, поднятых в результате открытия квантового устройства мира.

Книга адресована в первую очередь читателям, не знакомым с квантовой физикой, но желающим получить представление о ней самой и о том, что из нее следует. Я пытался быть по возможности кратким, не вдаваясь в несущественные для понимания сути дела подробности, стараясь писать как можно понятнее о самой непо-

нятной научной теории. Я рассказываю не про то, как понять квантовую механику, а скорее лишь объясняю, почему это трудно.

Но я пишу эту книгу также и для моих коллег — ученых и философов, которые чем глубже вникают в теорию, тем в большей растерянности оказываются, — чтобы продолжить диалог о значении этой потрясающей физической теории и продвигаться к пониманию общей картины. В книге много примечаний для хорошо знакомых с квантовой механикой. В этих примечаниях я более четко формулирую те моменты, которые в тексте изложены в более легкой для восприятия форме.

Основная цель моих исследований в области теоретической физики — это изучение квантовой природы пространства-времени и попытки сочетать квантовую теорию с открытиями Эйнштейна. Мысли все время вращаются вокруг квантов, и данный текст отражает состояние моих представлений на сегодняшний день. Я не обхожу вниманием и другие мнения, но, безусловно, пристрастен, сосредотачиваясь на подходе, который считаю эффективным и самым перспективным, — «реляционной» интерпретации теории.

Прежде чем перейти к делу, хочу кое о чем вас предупредить. Бездна непознанного притягательна и кружит голову. Но серьезное отношение к квантовой механике и размышления о ее следствиях — это как наркотик. Приходится отвергнуть казавшуюся твердой и непоколебимой картину мира и признать, что действительность в корне отличается от наших представлений о ней, заглянуть в эту бездну, не опасаясь утонуть.

*Лиссабон, Марсель, Верона, Лондон, Онтарио,
2019–2020*

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

I

*«...гляжу... [на] основание поразительной
внутренней красоты».*

О том, как молодой немецкий физик пришел к весьма странной мысли, которая тем не менее замечательным образом описывала мир, и о вызванном ею перевороте в науке

1. Нелепая идея совсем юного Гейзенберга – *«наблюдаемые»*

«Было поэтому уже три часа ночи, когда передо мной лежал окончательный результат расчетов. <...> В первый момент я до глубины души испугался. <...> Я был так взволнован, что не мог и думать о сне. Поэтому я вышел в уже начинавшихся рассветных сумерках из дома и направился к южной оконечности острова, где одиноко выступавшая в море скала-башня всегда дразнила во мне охоту взобраться на нее. Мне удалось это сделать без особых трудностей, и я дождался на ее вершине восхода солнца»¹.

Я часто задавался вопросом, что же думал и чувствовал молодой Гейзенберг, забравшись на выдающуюся в море отвесную скалу на голом и продуваемом ветрами острове Гельголанд в Северном море и озирая необъятный простор волн в ожидании восхода, после того как впервые заглянул в одну из самых головокружительных тайн природы, с которыми пришлось столкнуться человеку. Гейзенбергу было 23 года.

Он пришел сюда, чтобы прийти в себя от переполнявшего его чувства ликования. На Гельголанде – что переводится как «Священный остров» – практически нет деревьев и очень мало пыльцы. Джойс в своем Улиссе называет его «Гельголанд, где торчит одно деревце». Гейзенберг отправился туда прежде всего для того, чтобы погрузиться