



КАРЛО
РОВЕЛЛИ

ГЕЛЬГОЛАНД

красивая и странная
квантовая физика

* Гельголанд — остров в Северном море, где произошел решающий прорыв в создании квантовой механики, положивший начало столетней научной революции.

Карло Ровелли
Гельголанд. Красивая и
странная квантовая физика
Серия «Большая наука»

Текст предоставлен правообладателем

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=70432252

*Гельголанд. Красивая и странная квантовая физика / Карло Ровелли ;
[перевод с итальянского А. К. Дамбис].: Эксмо; Москва; 2024
ISBN 978-5-04-199999-5*

Аннотация

Карло Ровелли, один из самых известных в мире физиков-теоретиков, очаровал миллионы читателей своим необычным взглядом на космос.

В Гельголанде он исследует непреходящую загадку квантовой теории. Квантовый мир, который описывает Ровелли, столь же прекрасен, сколь и нервирует.

Гельголанд – безлесный остров в Северном море, где двадцатитрехлетний Вернер Гейзенберг совершил решающий прорыв в создании квантовой механики, положив начало столетию научной революции.

В формате PDF A4 сохранен издательский макет книги.

Содержание

Взгляд в бездну	5
Часть первая	10
I	10
1. Нелепая идея совсем юного Гейзенберга – «наблюдаемые»	10
2. Обманчивая «вероятность» ψ Эрвина Шредингера	26
Конец ознакомительного фрагмента.	28

Карло Ровелли

Гельголанд. Красивая и странная квантовая физика

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

Helgoland
Carlo Rovelli

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



БОМБОРА
ИЗДАТЕЛЬСТВО

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

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 действи-

тельности. 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 дей-

ствительность, 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 проницательная 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, далеком, продуваемом северным ветром – Вернер Гейзенберг снял покрывало, раздлевшее 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 непонятной 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 теоретиче-

ской 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 в мучившую его проблему – ее, словно горячую картофелину, передал Гейзенбергу Нильс Бор. Гейзенберг почти не спал, проводя время в одиночестве, пытаясь с помощью расчетов как-нибудь обосновать непонятные законы Бора. Иногда он прерывался и взбирался на скалы. Во время этих коротких пауз он заучивал наизусть строки «*Западно-восточного дивана*» Гете, в которых величайший немецкий поэт выражает восхищение исламом.

Нильс Бор был уже известным ученым. Он написал простые и странные формулы, которые позволяли предсказывать свойства химических элементов даже до проведения лабораторных исследований. Например, частоту излучаемо-

го нагретым веществом света – то есть, собственно говоря, цвет. Это был успех, хотя формулы все же были неполными, поскольку не позволяли вычислять интенсивность излучаемого света.

Но главная нелепость боровских формул – это заложенное в них безо всякого обоснования предположение, что электроны в атоме обращаются только по *строго определенным* орбитам на *строго определенных* расстояниях от ядра и могут принимать *строго определенные* значения энергии, и при этом каким-то чудодейственным образом перескакивают с одной орбиты на другую. Это были первые квантовые переходы. Но почему только эти орбиты? Что это за дурацкие переходы с одной орбиты на другую? Что за неизвестная сила могла заставить электроны вести себя столь странным образом?

Атомы – это элементарные кирпичики, из которых состоит все. Как устроен атом? Как внутри него движутся электроны? Бор с коллегами уже более десяти лет искали ответы на эти вопросы, и всё тщетно.

Бор собрал у себя в Копенгагене самых выдающихся молодых физиков, своего рода мастерскую художника эпохи Возрождения, с целью проникнуть в тайны атома. Одним из его учеников был школьный товарищ Гейзенберга – блестящий, умнейший, нахальный и дерзкий Вольфганг Паули. Несмотря на свое самомнение, Паули рекомендовал великому Бору своего друга, сказав, что без Гейзенберга не полу-

чится двигаться дальше. Бор прислушался к Паули и осенью 1924 года пригласил в Копенгаген также и Гейзенберга, бывшего в ту пору ассистентом физика Макса Борна в Геттингене. Гейзенберг пробыл в Копенгагене несколько месяцев, проводя время в обсуждениях с Бором у исписанной формулами доски. Во время долгих совместных прогулок в горах юноша и учитель разговаривали о тайнах атома, физике и философии².

Гейзенберг с головой ушел в проблему. Она стала его идеей фикс. Как и другие, он перепробовал все. Ничего не получалось. Казалось, никакая мыслимая сила не могла заставить электроны двигаться по придуманным Бором странным орбитам и совершать странные переходы. И при этом с помощью именно таких орбит и переходов удавалось хорошо предсказывать атомные явления. Что-то тут было не так.

Состояние прострации толкает к крайним мерам. Гейзенберг уединился на острове в Северном море, чтобы испытывать радикальные подходы.

В основе, по сути, были радикальные идеи Эйнштейна, поразившие всех за 20 лет до этого. Радикальный подход Эйнштейна оказался эффективным. Паули и Гейзенберг влюбились в его физику. Эйнштейн был легендой. Молодые физики спрашивали себя: а не пришло ли время осмелиться на столь же радикальный шаг, чтобы выйти из тупика в вопросе поведения электронов в атомах? Удастся ли им совершить этот шаг? В 20 лет бывают совершенно необузданные

мечты.

Эйнштейн показал, что самые укоренившиеся представления могут быть ошибочными. Кажущееся очевидным может оказаться неверным. Лучшего понимания можно достичь, отвергнув очевидные допущения. Эйнштейн учил, что опираться следует на то, что мы видим, а не на наши умозрительные представления о том, что, как нам кажется, должно быть.

Паули постоянно говорил об этих идеях Гейзенбергу. Юноши прониклись «сладкой отравой». Их разговоры следовали в русле дискуссий о соотношении реальности и эксперимента, которые проходили красной нитью через австрийскую и немецкую философию начала XX века. Эрнст Мах, оказавший решающее влияние на Эйнштейна, настаивал на том, что познание должно основываться исключительно на наблюдениях и быть свободным от каких бы то ни было подразумеваемых «метафизических» допущений. Подобно составляющим взрывчатки, эти разнородные компоненты перемешались в голове у совсем молодого Гейзенберга, когда он летом 1925 года уединился на острове Гельголанд.

И вот у него возникает идея, которая могла зародиться только в 20 лет и только у радикально мыслящего человека без каких-либо тормозов. Идея, которой суждено было совершить переворот во всей физике, с которой, по моему мнению, человечество до сих пор не смогло смириться.



Совершенный Гейзенбергом скачок был безрассудным и при этом простым. Никому не удалось найти силу, способную заставить вести электроны столь странным образом? Ну так забудем о новой силе! Воспользуемся лучше уже хорошо известной – электрической силой, которая притягивает электроны к ядру. Не получается найти новые законы движения, которые бы обосновали предложенные Бором орбиты и скачки? Ладно, будем придерживаться уже известных законов движения, не меняя их.

Вместо этого изменим наше представление об электроне. Не будем больше считать его объектом, который движется по некой траектории. Будем описывать не движение электрона, а только то, что *видит внешний наблюдатель*: интенсивность и частоту излучаемого электроном света. Давайте исходить лишь из *наблюдаемых* величин. В этом и состояла идея.

Гейзенберг пытается заново рассчитать поведение электрона исключительно в терминах наблюдаемых величин – частоты и интенсивности излучаемого света. Он пробует вычислить на этой основе энергию электрона.

Мы наблюдаем результат *переходов* электрона с одной боровской орбиты на другую. Гейзенберг заменяет физические величины *таблицами*, строки и столбцы которых соответствуют исходным и конечным орбитам. Каждой ячейке таб-

лицы, расположенной в определенной строке и определенном столбце, соответствует переход с одной орбиты на другую. Во время своего пребывания на острове Гейзенберг пытается обосновать законы Бора, проводя расчеты с помощью этих таблиц. Он почти не спит. Расчеты для электрона в составе атома оказываются слишком сложными, и удается выполнить их лишь для более простой системы – маятника. Гейзенберг пытается вывести законы Бора для этого упрощенного случая.

7 июня что-то начинает получаться:

«Когда относительно первых членов закон сохранения энергии действительно подтвердился, мною овладело такое возбуждение, что в последующих вычислениях я постоянно делал ошибки. Было поэтому уже три часа ночи, когда передо мной лежал окончательный результат расчетов. Закон сохранения энергии сохранял силу для всех членов... Я уже не мог более сомневаться в математической непротиворечивости и согласованности наметившейся тут квантовой механики. В первый момент я до глубины души испугался. У меня было ощущение, что я гляжу сквозь поверхность атомных явлений на лежащее глубоко под нею основание поразительной внутренней красоты, и у меня почти кружилась голова от мысли, что я могу теперь проследить всю полноту математических структур, которые там, в глубине, развернула передо мной природа».

От этих слов бросает в дрожь. За атомными явлениями

скрывается «паразитарная внутренняя красота». Вспоминают слова Галилея, написанные им, когда он понял математические закономерности в результатах опытов с движением тел по наклонной плоскости, — это первый открытый человечеством математический закон, описывающий движение тел на Земле: «Ничто не сравнится чувством, когда за видимым беспорядком увидишь математическую закономерность».

* * *

9 июня Гейзенберг возвращается с острова Гельголанд в Геттинген, к себе в университет. Он отправляет копию полученных им результатов своему другу Паули, сопроводив их следующими словами: «Все это пока что очень нечетко и непонятно, но мне кажется, что электроны не движутся по орбитам».

9 июля он вручает копию своего труда профессору Макс Борну, у которого он работает ассистентом (не путать с Нильсом Бором из Копенгагена), с примечанием: «Я написал безумную статью и не осмеливаюсь подать ее для публикации в научный журнал». Гейзенберг просит Борна прочесть статью и дать рекомендацию.

25 июля Макс Борн сам направляет статью Гейзенберга в журнал *Zeitschrift für Physik*³.

Борн почувствовал важность сделанного молодым ассистентом шага и постарался все прояснить. Он попросил сво-

его аспиранта Паскуаля Йордана разобраться в странных результатах Гейзенберга⁴. Гейзенберг, в свою очередь, пытается привлечь Паули, но это у него не очень получается: Паули воспринимает все это лишь как хитроумную абстрактную игру. Так что вначале над теорией работают всего трое: Гейзенберг, Борн и Йордан.

Работа идет с лихорадочной скоростью, и за несколько месяцев троика разрабатывает всю формальную структуру новой механики. Она очень простая – те же силы и те же уравнения, что и в классической физике (плюс еще одно уравнение¹, о котором расскажу ниже), но вместо переменных – таблицы чисел – так называемые матрицы.

* * *

Почему таблицы чисел? В случае электрона в атоме мы наблюдаем свет, который, согласно гипотезе Бора, излучается при переходе электрона с одной орбиты на другую. В переходе участвуют две орбиты – начальная и конечная. Таким образом, любое наблюдение можно представить, как уже говорилось выше, в виде ячейки таблицы, строка и столбец которой соответствуют начальной и конечной орбите.

Идея Гейзенберга состояла в представлении всех величин, описывающих движение электрона, не в виде чисел, а

¹ $XP - PX = i\hbar$.

в виде таблиц чисел. Вместо однозначного положения электрона x у нас теперь целая таблица X из возможных положений – по одному для каждого перехода. Суть новой теории в том, чтобы продолжать использовать общепринятые физические уравнения, просто заменив в них обычные величины (положение, скорость, энергию и частоту орбиты...) на такого рода таблицы. Например, интенсивность и частота излучаемого при переходе света определяются содержимым ячейки соответствующей таблицы. В таблице, соответствующей энергии, есть только диагональные ячейки – в них записаны энергии боровских орбит.

		КОНЕЧНАЯ ОРБИТА				
		<i>Орбита 1</i>	<i>Орбита 2</i>	<i>Орбита 3</i>	<i>Орбита 4</i>	...
НАЧАЛЬНАЯ ОРБИТА	<i>Орбита 1</i>	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	...
	<i>Орбита 2</i>	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	...
	<i>Орбита 3</i>	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	...
	<i>Орбита 4</i>	X_{41}	X_{42}	X_{43}	X_{44}	...

Матрица Гейзенберга: таблица из чисел, «представляющих» положение электрона. Например, число X_{23} соответствует переходу со второй орбиты на третью.

Понятно? Ничуть. Сплошной мрак.

И при этом нелепая процедура замены переменных таблицами позволяет при вычислениях получать правильные результаты — они в точности совпадают с тем, что наблюдается в экспериментах.

К великому изумлению трех мушкетеров из Геттингена, перед самым Новым годом Бор получает по почте краткую статью неизвестного молодого англичанина. В ней излагается, по сути, та же теория с использованием еще более абстрактного математического аппарата, чем геттингенские матрицы⁵. Молодой человек — это Поль Дирак. В июне Гейзенберг делал в Англии доклад, в конце которого кратко изложил свои идеи, а среди слушателей был уставший Дирак, который тогда ничего не понял. Позже работу Гейзенберга ему дал научный руководитель, который получил ее по почте и также ничего не смог в ней понять. Дирак прочел статью, счел ее бессмысленной и убрал подальше. Но через пару недель во время прогулки на природе сообразил, что гейзенберговские таблицы кое-что напоминают из учебной программы. Но Дирак не мог вспомнить, что именно, и ему пришлось дожидаться понедельника, когда открылась библиотека и можно было полистать учебник⁶... В результате он независимо кратко набросал ту же самую теорию трех чародеев из Геттингена.

Осталось только применить новую теорию к электрону в составе атома и посмотреть, действительно ли она работает и можно ли с ее помощью рассчитать все боровские орбиты.

Задача оказалась трудной, и трое ученых не смогли произвести необходимые расчеты. Они обратились за помощью к Паули⁷ – самому блестящему (и самому нахальному) из всей компании. На что Паули ответил: «Действительно, эта задача слишком трудна... для вас». Он выполняет эти расчеты за несколько недель, используя сложные математические ухищрения⁸.

Получился идеальный результат: вычисленные с помощью матричной теории Гейзенберга, Борна и Йордана значения энергии оказались в точности равными тем, что предположил Бор. Странные правила Бора для атомов оказались следствием новой схемы. И более того, теория позволила рассчитать также и интенсивность излучаемого света – а правила Бора не давали такой возможности – и вычисленные значения интенсивности также оказались в согласии с экспериментальными данными!

Это был триумф.

Эйнштейн написал в письмо жене Борна Хеди: «От идей Гейзенберга и Борна у всех просто захватило дух, и они не выходят из головы у любого, кто интересуется теоретической физикой»⁹. А в своем письме закадычному другу Микеле Бессо он пишет: «Самое интересное теоретическое построение последнего времени – это теория квантовых состояний Гейзенберга – Борна – Йордана: прямо-таки “колдовской” расчет»¹⁰.

Спустя много лет Бор написал: «Тогда была лишь смутная надежда[, что удастся переделать теорию] так, чтобы постепенно исключить любое неуместное использование классических идей. Мы все осознавали трудность реализации такого замысла и восхищались Гейзенбергом, который еще в 23-летнем возрасте смог достичь цели одним махом»¹¹.

Борну единственному из них было за сорок, а Гейзенбергу, Йордану, Дираку и Паули – всего двадцать с лишним лет. В Геттингене их теорию называли «детской физикой» («Knabenphysik»).

Спустя 16 лет Европа была охвачена мировой войной. Гейзенберг стал знаменитым ученым. Гитлер поручил ему создать на основе знаний об атоме бомбу, с помощью которой можно будет выиграть войну. Гейзенберг сел на поезд и отправился в оккупированную немцами Данию, в Копенгаген, чтобы встретиться с пожилым учителем. Они расстаются, так и не поняв друг друга. Позднее Гейзенберг сказал, что поехал к Бору, чтобы обсудить моральную проблему, возникшую в связи с возможностью создания ужасной бомбы. Но не все ему поверили. Вскоре после этого Бора с его согласия вывезли из оккупированной Дании и переправили в Англию, где его принял лично Черчилль, а потом он отправился в США. Там его уже использовали как специалиста вместе с молодыми физиками, которые научились рассчитывать атомные процессы с помощью квантовой механики. Хиросима и Нагасаки были уничтожены, и 200 тысяч че-

ловек — мужчины, женщины и дети — были убиты за долю секунды. Сейчас в мире десятки тысяч ядерных боеголовок, нацеленных на города. Один маньяк может уничтожить все живое на Земле. Смертоносная мощь «детской физики» теперь очевидна всем.

* * *

К счастью, квантовая теория дала миру не одну лишь бомбу. Среди областей ее применения исследование атомов, атомных ядер, элементарных частиц, физика химических связей, физика твердого тела, жидкостей и газов, полупроводников, лазеры, физика звезд солнечного типа, нейтронных звезд, изучение ранней Вселенной, происхождения галактик и т. д. — всего не перечислишь. Квантовая теория объяснила свойства Природы, например устройство Периодической таблицы химических элементов, привела к прорывам в медицине, где благодаря ей удалось спасти миллионы жизней, к изобретению новых устройств, созданию новых технологий, компьютеров. С помощью квантовой теории были предсказаны новые, никогда не наблюдавшиеся явления, о которых до этого даже не подозревали: квантовые взаимодействия на километровых расстояниях, квантовые компьютеры, телепортация... все эти предсказания оказались правильными. Уже почти 100 лет сплошные триумфы.

Предложенная Гейзенбергом, Борном, Йорданом и Дира-

ком схема расчетов, странная идея «рассматривать только то, что наблюдаемо» и замена переменных на матрицы¹² до сих пор ни разу нас не подвели. Это единственная фундаментальная теория, которая до сих пор ни разу не дала ошибочный результат и пределы применимости которой мы не знаем.

* * *

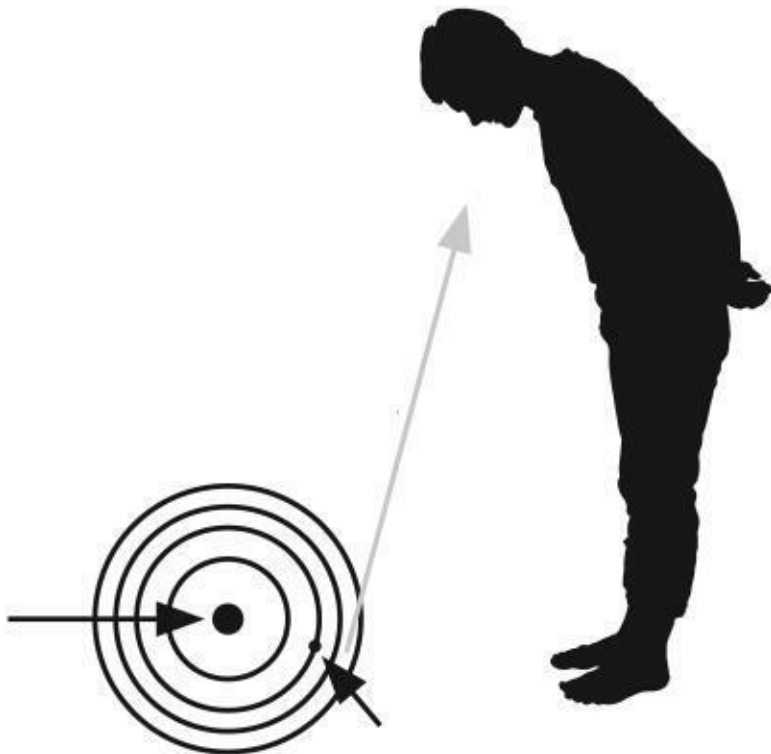
Но почему мы не можем сказать, где находится и что делает электрон, когда мы на него не смотрим? Почему мы должны говорить только о его «наблюдаемых проявлениях»? Почему речь может идти о его проявлениях только при переходе с одной орбиты на другую и почему нельзя просто сказать, где он находится в каждый момент времени? Что означает замена чисел на таблицы чисел?

Что означает высказывание: «Все это пока что очень туманно и мне непонятно, но похоже, что электроны не движутся по орбитам»? Друг Гейзенберга Паули позже написал о Вернере: «Его рассуждения были ужасно неряшливыми, основаны на одной лишь интуиции, без сколь-нибудь четкой разработки фундаментальных аспектов и их связи с существующими теориями...»

Чудесная статья Вернера Гейзенберга, с которой все началось и которая была задумана им на Священном острове в Северном море, начинается со следующей фразы: «Цель

этой работы в том, чтобы заложить теоретические основы квантовой механики, основанной исключительно на отношениях между величинами, которые в принципе являются наблюдаемыми».

Наблюдаемые? Но откуда природе знать, есть ли вообще наблюдатель?



Теория ничего не говорит о том, как движется электрон в процессе перехода, а лишь о том, что мы видим во время перехода. Почему?

2. Обманчивая «вероятность» ψ Эрвина Шредингера

В следующем 1926 году все, казалось бы, прояснилось. Австрийскому физiku Эрвину Шредингеру удалось получить тот же результат, что и Паули, то есть рассчитать боровские энергии атома, но совершенно иным образом.

Этот результат тоже родился отнюдь не в стенах университета – Шредингер создал свою теорию, уединившись с тайной любовницей в шале в Швейцарских Альпах. Блестящий и обаятельный Шредингер вырос в Вене начала XX века с ее вольными нравами и постоянно имел по несколько любовниц, не скрывая своего увлечения малолетками. Спустя годы, несмотря то что он стал нобелевским лауреатом, Шредингеру пришлось покинуть Оксфорд из-за образа жизни, который оказался чересчур нетрадиционным даже для воображавших себя нонконформистами англичан: он жил со своей женой Анне и беременной любовницей Хильде, которая впоследствии родила от него дочь, при этом будучи женой его ассистента. В Соединенных Штатах было не лучше: в Принстоне Эрвин, Анна и Хильде хотели жить втроем,

изображая, будто они просто совместно воспитывают родившуюся за это время маленькую Рут, но принстонская публика этого не вынесла. Они переехали в более либеральный Дублин. Но даже там Шредингер вляпался в скандал: у него родились два ребенка от двух студенток... Жена Шредингера Анне заметила по этому поводу: «С канарейкой жить проще, чем с жеребцом, но я предпочитаю жеребца»¹³.

Имя девушки, с которой Шредингер в начале 1926 года уединился в горах, осталось тайной. Известно только, что это была одна из его венских подруг. Существует легенда, что он отправился в горы, взяв с собой только подругу, две жемчужины, чтобы затыкать уши, когда хотел заниматься физикой и не отвлекаться, и диссертацию молодого французского ученого Луи де Бройля, которую ему порекомендовал Эйнштейн.

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.