

НАУКА
НА ПАЛЬЦАХ

АЛЕКСАНДР НИКОНОВ

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

И ПАРАДОКСЫ СОЗНАНИЯ



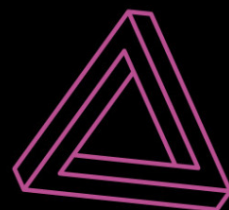
Почему
реальность
иллюзорна?



.....
Существует ли
мир вне сознания?



.....
Какова роль квантовых
эффектов в жизни
каждого из нас?



Наука на пальцах

Александр Никонов

**Квантовая механика
и парадоксы сознания**

«Издательство АСТ»

2023

УДК 530.145
ББК 22.314

Никонов А. П.

Квантовая механика и парадоксы сознания / А. П. Никонов —
«Издательство АСТ», 2023 — (Наука на пальцах)

ISBN 978-5-17-152743-3

В новой книге автор рассказывает о таинственном мире квантовой механики – самой удивительной, труднообъяснимой и мало кем понимаемой главы в книге физики. Квантовая механика известна не только тем, что изучает сам фундамент мироздания, то есть основу основ нашего мира, но и является первым разделом физики, в котором современная наука столкнулась с наблюдателем, то есть с сознанием. А стало быть, рассмотрение этой науки невозможно без изрядной доли экзистенциализма – попыток понять, чем являются сознание, бытие и реальность по сути своей. В мировой литературе попыток ответа такого рода, который предлагает автор, еще не было. Это абсолютно новый взгляд на философию квантовой механики. В формате PDF А4 сохранён издательский дизайн.

УДК 530.145
ББК 22.314

ISBN 978-5-17-152743-3

© Никонов А. П., 2023
© Издательство АСТ, 2023

Содержание

От автора. С надеждой на понимание	6
Потеря мира. Вместо пролога	7
Часть 1. Ледокол реальности	12
Глава 1	12
Глава 2	18
Глава 3	28
Конец ознакомительного фрагмента.	29

Александр Никонов
Квантовая механика и парадоксы сознания

© Никонов А. П., текст

© ООО «Издательство АСТ»

От автора. С надеждой на понимание

Вы держите в руках заключительную книгу трилогии. Трилогии, впрочем, весьма формальной, все три книги вполне самостоятельны и связаны между собой только наукой, тайнами и некоторыми героями. Первая книга – «Невозможное в науке» является научно-популярным детективом и посвящена попытке раскрыть некоторые таинственные явления, которые до сей поры научной разгадки не имели. Вторая книга – «Антинаучная физика» родилась в процессе размышления над природой сознания и стала сборником необъяснимых случаев, к которым наука вообще не подступала и даже само их существование отрицает. Между тем количество наблюдавших эти странные явления и ставших свидетелями необъяснимых происшествий слишком велико, чтобы от них просто отмахнуться. Поэтому в данной книге автор не только использует подходящие свидетельства, но и вольно применяет к этим происшествиям способ, который наука когда-то применила к изучению феномена шаровой молнии: если уж нельзя изучать саму шаровую молнию (в силу ее редкости и невозможности воспроизведения в лаборатории), будем изучать свидетельские показания о ней, чтобы набрать статистику. Если показания свидетелей о размерах, светимости, долгоживучести и других характеристиках шаровой молнии лягут на кривую нормального распределения, значит, мы имеем дело с природным явлением... Эх, вот бы кто-нибудь когда-нибудь всерьез принял этот подход к тем явлениям, которые я поэтично назвал «разрывами в самой ткани реальности»!

Дарю науке идею!

Ну, а мы с вами приступим к освоению нового материала.

«Сознание – это иллюзия реальности. А реальность – это иллюзия сознания».

Будда Шакьямуни, лично автору

«Нет ничего более интуитивно понятного и более непонятного при ближайшем рассмотрении, чем физическая реальность. Потому что она целиком располагается в сознании, а сознание находится в ней».

Александр Никонов, лично Будде

Потеря мира. Вместо пролога

Долго думал, с чего начать книгу на столь сложную, но дико интересную тему – про кванты. Начну, пожалуй, вот с чего...

Как-то один знакомый психотерапевт за чашкой чая бросил загадочную фразу о том, что человек может быть «разотождествлен со своими чувствами». Я тогда просто отмахнулся от этой фразы: ну, как такое может быть? Как можно не чувствовать чувства, если они есть? Абсурд! Вечно эти «мозгоправы» что-нибудь придумают, чтобы брать по 100 долларов в час с несчастных граждан. Ну, как это вообще возможно – не ощущать собственных чувств и эмоций?

Но потом узнал, что такое действительно бывает. Проводились следующие эксперименты: человека погружали в гипнотический сон, внушали ему какую-нибудь страшную ситуацию, чтобы он испытал сильный испуг, например, что за ним гонится медведь. И человек дико пугался. А потом щелчком пальцев его из состояния транса выводили.

– Как вы себя чувствуете? – спрашивает гипнотизер.

– Нормально, – говорит человек. А самого трясет от страха, сердце колотится, зрачки огромные, лицо белое как мел.

«Нормально» он себя чувствовал, потому что сидел в кабинете, где бояться было нечего. Тихий свет, удобное кресло... Но его тело находилось в состоянии стресса благодаря выброшенным в кровь гормонам.

То есть тело боялось, а человек свой страх не осознавал. Такое, кстати, бывает не только после гипноза, но и «наяву»: когда человека гложет чувство вины или страха, а мозг от этого чувства отказался, чтобы не страдать, и его не осознает. Но тело-то продолжает работать в форсажном режиме, постепенно «перегорая» и наработывая соматические проблемы. Задача психотерапевта в данном случае – воссоединить человека с его чувством, помочь осознать его, пережить, выработать и идти дальше, чтобы начался процесс самовосстановления организма, уже поврежденного и накопившего дисфункции из-за перманентного стресса.

Это очень тонкий момент, между прочим. Трудный. Я имею в виду не сам процесс работы психотерапевта по воссоединению тела и разума, а то, что для общего понимания ситуации этот момент довольно сложен. Философски непросто. Как и квантовая механика, кстати.

Смотрите. Вот пошла телесная реакция: впрыснут в кровоток целый коктейль веществ, которые должны реализовать в сознании страх, для чего они и предназначены. И тело показывает все признаки страха: кровь отливает от кожных покровов, зрачки расширяются, мышцы находятся в тонусе. А сам человек страха не испытывает. Между телом и сознанием образовался разрыв. Расшунтировало.

Так иногда человек не чувствует даже боли. Есть серьезное ранение, сигнал идет, а сознание боли не ощущает.

А бывает наоборот, человек чувствует, что нога болит, а болеть нечему: нога ампутирована. Это называется фантомная боль.

Почему материальные сигналы есть, а в реальности человек боли и страха не испытывает, или обратная ситуация: материального сигнала нет, а боль чувствуется? И что такое в данном случае «реальность»? Какая реальность более реальна – внешняя или внутренняя?

Что в данном случае реальность – испытываемое сознанием ощущение или материальные компоненты сигнала (гормоны, электрические импульсы, бегущие по нервам)?

Мы за триста лет существования науки настолько привыкли к так называемой объективности мира и эфемерности сознания, его обманчивости и иллюзорности, что нам легче признать реальными «твердые предметы», чем собственные ощущения. Ощущения могут обма-

нывать, мозг может галлюцинировать, а табуретка – она и есть табуретка. Твердая и никуда не денется.

Но ведь иных инструментов восприятия твердого мира, кроме наших ощущений, у сознания нет. Как верно заметил однажды великий француз Рене Декарт, «я мыслю, следовательно, я существую. Только это по-настоящему проверяемо. Мыслю – существую. А если не мыслю – некому и существовать. То есть проверяемое существование всегда персонально. А значит, необъективно, ведь персоналия – это субъект, по определению склонный к иллюзиям.

Кстати, а что значит «существует»?

И еще вопрос: а иллюзия существует?

Существовать – значит иметь свойства и через них как-то проявлять себя в этом мире, что понятно. Но в чьих глазах? И если нет ничьих глаз, если нет наблюдателя, как установить, существует ли предмет или мир вообще? И кто будет это устанавливать?

Еще хотелось бы выяснить, бывает ли «объективная иллюзия» или это оксюморон?

Существует ряд оптических иллюзий, которые любят приводить авторы популярных книжек по физике. С одной стороны, это и вправду иллюзии, то есть чистая кажимость, с другой, они кажутся всем людям, а стало быть, их вполне можно назвать «объективными иллюзиями». Самые известные и ходовые примеры – ниже.

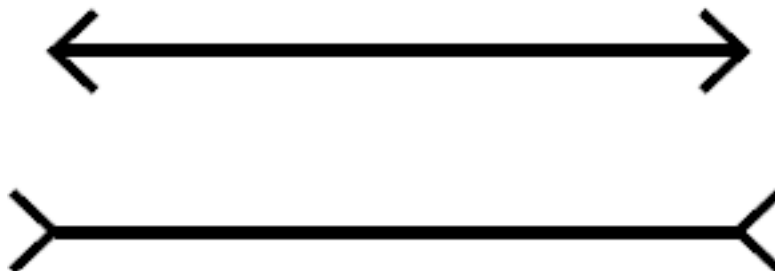


Рис. 1

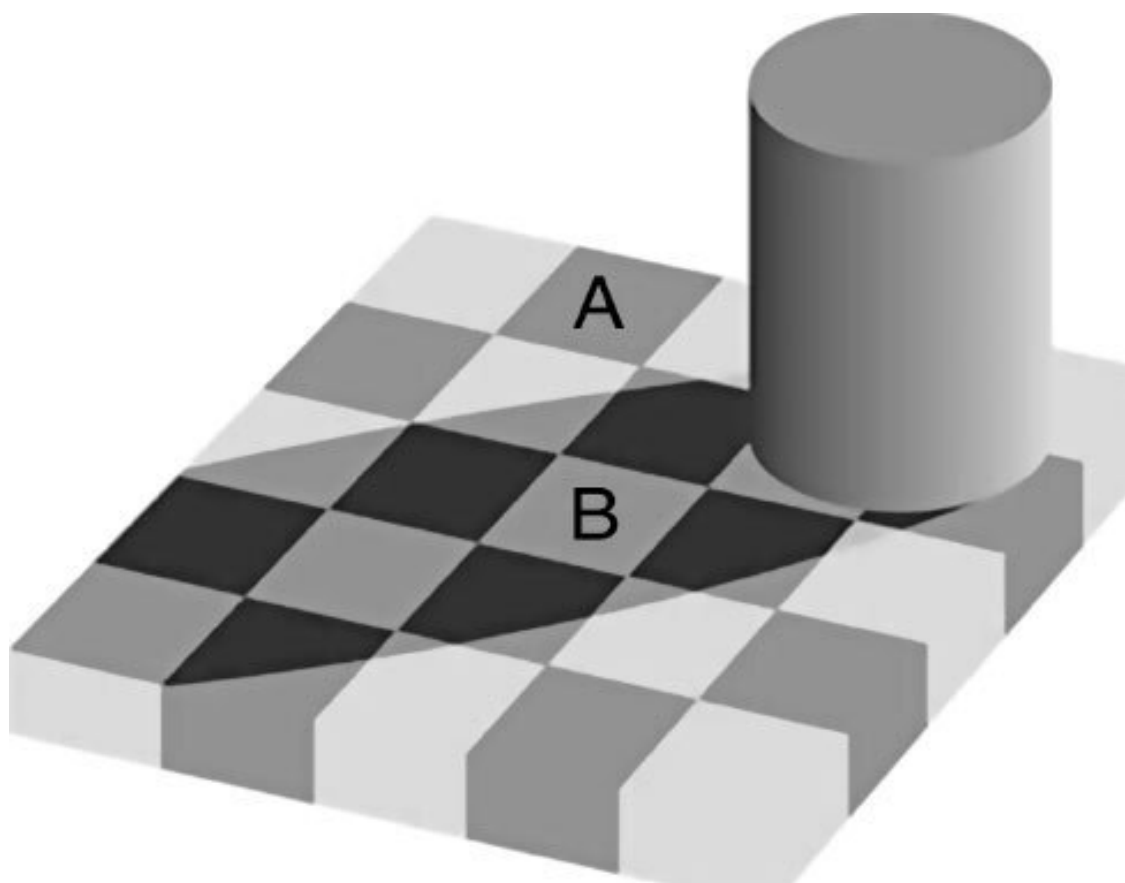


Рис. 2

При взгляде на вторую картинку кажется, что клетки А и В разного оттенка. На самом деле оттенок серого у этих клеток совершенно одинаков. Но иллюзия сильнейшая, потому что мозг достраивает реальность по своим представлениям о ней, используя и комбинируя прежние знания о том, что:

- шахматные клетки равномерно чередуются,
- они разные по цвету,
- тень должна затемнять.

При взгляде же на первую картинку кажется, будто нижний отрезок длиннее верхнего. Но если мы возьмем твердую честную линейку и измерим оба отрезка, то убедимся в их равной длине. Ура! Наука восторжествовала над несовершенством наших чувств!

Но ведь убедиться в равной длине отрезков при взгляде на линейку нам тоже помогли наши чувства! Никакого другого инструмента, кроме чувств, у нашего сознания для познания мира нет. Мы живем в мире чувств и ощущений. Для нас только этот иллюзорный мир и реален. Ничего другого для нас нет, мы ведь видим не внешний мир, а только его восприятие нашими органами чувств, и каков мир «на самом деле», мы не знаем. Мы даже не знаем, есть ли он, можем только предполагать, постулировать его наличие, строго говоря. Единственное, в чем мы твердо можем удостовериться, так это в наличии собственных ощущений и мыслей. Как наш друг Декарт.

Тем не менее на тонкие вопросы ощущений наука до начала XX века не обращала внимания, беззаботно отмахиваясь от них. К чему вся эта бессмысленная схоластика и пустое философствование, если вот он, реальный мир вокруг нас?! Упадешь – набьешь шишку, так тебе и надо! Уравнения Ньютона прекрасно работают, угол падения равен углу отражения, Земля притягивает, чего еще желать?

И только в XX веке физики начали «чесать репу», а президент Лондонского общества физиков Артур Эддингтон после всех триумфальных успехов квантовой науки начала прошлого века признал, что единственное, что мы действительно знаем об окружающей реальности, состоит в том, что часть ее обладает сознанием; да и то знаем это лишь потому, что непосредственно осознаем свое сознание.

Но что это вообще за вопрос такой дурацкий – «существует ли реальность»? Да вот она – вокруг нас, шишки набивает! И что такое реальность, каждому школьнику прекрасно известно. Материя! Отсюда и материализм. Вон дедушка Ленин учил пионеров, что «материя есть объективная реальность, данная нам в ощущении»¹. Я лично это со школьной скамьи помню, ночью подними...

Но обратите внимание, что ведь и в этом классическом и вполне материалистическом определении вдруг неожиданно вылезают ощущения. И, чтобы избавиться от этого «идеализма», материалистическая философия расставила приоритеты: материя первична, а сознание – продукт сложно организованной материи, и оно вторично, оно возникло в результате эволюции. Нормально. Правда, догмат о вторичности – чисто религиозный и ниоткуда не вытекающий, но он настолько вошел в плоть и кровь современной науки и западной цивилизации, что нами даже не замечается. А ведь это – чистой воды аксиоматика, то есть недоказуемое предположение, принимаемое на веру, как и само существование мира за пределами нашего сознания.

Но, в общем, это работает. Точнее, работало до поры до времени...

Как я уже сказал, до начала XX века физика изучала мир в отрыве от сознания. То есть в изучаемом наукой мире сознания как бы не было, оно было словно «вне мира» и как раз занималось постижением мира. При этом оставалось неясным, является ли сознание частью мира, а значит, вносит ли помеху в его изучение. Примерно, как электрическое сопротивление амперметра, вносящее собой помеху в измерение электрического тока (амперметр ведь не меряет силу тока в изучаемой цепи, он меряет силу тока в цепи с амперметром). С одной стороны, разумеется, сознание – это часть мира, а как иначе! С другой, философия говорила: есть материальный мир, а есть мир идеальный – это мир наших мыслей, и он совершенно нематериален.

Я до сих пор помню ту страницу из учебника марксистской философии, где говорилось про критику разных оппортунистических философий. Там премудрые марксисты, сами будучи материалистами, критиковали в том числе так называемых вульгарных материалистов, которые уверяли, будто «мысль материальна». Кстати, эту наиглупейшую фразу, которую я взял в кавычки, до сих пор часто приходится слышать от экзальтированных и особо духовных барышень, склонных к эзотерике. Они являются любителями восточных практик, верят в бога и при этом самым парадоксальным образом повторяют чушь самых примитивных материалистов про материальность мысли!..

Идею о том, что мысль материальна, отважные марксистско-ленинские философы разбивали простейшим аргументом:

– Мысль, хоть и продукт человеческого тела, не материальна, ведь ее нельзя собрать в пробирку, как желчь, также выделяемую телом.

Логично, что ж...

Получалось следующее: есть мир материи и есть наш внутренний мир мыслей и ощущений. «Однако, материя первична, не забывайте!» – строго поднимали вверх палец марксисты. А тех, кто про это забывал, сбрасывали с колоколен.

Физики такого не допускали! Они своих оппонентов с высоты не кидали, но, правда, и философией в массе своей не сильно увлекались за некоторым небольшим исключением, о котором мы еще поговорим. А остальным вполне хватало математики.

¹ В.И. Ленин. Материализм и эмпириокритицизм. – М.: Звено, 1909.

Но в XX веке на арену вышла квантовая механика и за ручку вывела на сцену общественного внимания те самые коварные вопросы, которые раньше скромно стояли за занавесом. И главными из них оказались вопросы реальности и сознания. Наконец-то физика, изучающая мир, вплотную столкнулась с сознанием, ранее не замечаемым, хотя и бывшем у всех на виду, ведь именно оно, сознание, и изучало мир, вмещая его в себя. Но при этом притворялось, что его как бы нет и мир нужно изучать «объективно», без учета субъективности, присущей сознанию. И вот теперь сознание само стало фактором, в который физика уперлась.

Это было своего рода мировоззренческой катастрофой. Недаром тьма-тьмущая великих физиков XX века, столкнувшись с проблемой интерпретации квантовой механики, то есть желая понять ее физический смысл, ударились в мистицизм и изучение восточной философии. И какие это были физики! Столпы науки! Настоящие титаны, творившие науку о квантах: Бор, Гейзенберг, Планк, Паули, Йордан, Дирак, Борн, Эверетт, Шрёдингер и даже Эйнштейн – все они морщили лбы, пытаясь понять, что же они такое сотворили и насколько изменился в глазах ученых сам вопрос о существовании физической реальности.

Вот, например, что пишут российские публикаторы, представляя нашему читателю одну из философских работ Шрёдингера: «Существенно то, что все создатели квантовой механики, в том числе и Э. Шрёдингер, наряду с естественнонаучными исследованиями, вынуждены были размышлять над философскими проблемами, поставленными новой физикой... естественнонаучная проблематика привела их к переосмыслению фундаментальных философских понятий, таких, как «реальность», «мир», «действительность», «сознание», «познающий субъект», «нравственный закон» и др.»².

На этом, пожалуй, можно было бы и закончить пролог, но, поскольку в нем я припомнил свои школьные годы и дедушку Ленина, с него я, пожалуй, и начну первую часть книги. Воздадим должное старику, его гопническим повадкам в философии и его неистовой материалистической нетерпимости. В конце концов, я родился и вырос в те годы, когда любой диплом и любую диссертацию нужно было начинать с цитат из основоположников, будь они неладны, с отсылок к очередному съезду партии, работам Ленина и прочей мерзости.

Тряхну стариной! Главное, чтобы старина не отвалилась...

² К.А. Томилин. Предисловие к публикации Э. Шрёдингера. – «Поиски пути», 1925.

Часть 1. Ледокол реальности

*Будто бы на ниточке, навитой на гвозде,
Ползает планета по небесной борозде
В сумрачном безмолвии,
в холодной беспредельной пустоте.*

А. Иващенко, Г. Васильев

Глава 1

Ленин и квантовая механика

Интересно, что открытие радиоактивности и электрона, рождение квантовой механики и теории относительности пришлись на эпоху становления Ильича нашего, Ульянова-Ленина. Вот тут бы мне и привести какую-нибудь цитату Ленина о квантовой механике, но в голову приходит только его изречение про электрон, который, с точки зрения всезнающего дедушки, «также неисчерпаем, как и атом».³

Критикуя всякие буржуазные и потому весьма реакционные и вредные для пролетариата теории (у рабочего человека от них может голова сломаться), неистовый Ильич на голубом глазу полагал, будто существует объективная истина, и один только этот догмат безошибочно относит весь марксизм-ленинизм к религии и выносит за рамки науки. Наука ведь не ищет истину, она строит модели – такова философия современной научной мысли. И, кстати, это понимание сложилось только после появления эйнштейновской относительности и оформления квантовой механики, а до того физики вообще и Эйнштейн, в частности, искали именно Истину и веровали в нее. Эйнштейн так до конца и не согласился с завершенностью квантовой механики и эфемерностью физической реальности и упорно продолжал искать твердую Истину, забыв, что все относительно.

Впрочем, в философию мы особо углубляться не станем, и вождя мирового пролетариата я упомянул здесь только вот по какой причине...

Поскольку речь у нас в книге пойдет о сознании, я бы хотел обратить внимание почтенной публики на следующий интересный момент: мало кто знает, но в физике мысленные эксперименты порой могут играть роль не меньшую, а иногда и большую, чем эксперименты лабораторные, осуществленные в железе. Мы с этим парадоксом на примере великих мысленных экспериментов (в том числе придуманных автором этой книги) еще столкнемся не раз в дальнейшем, а пока расскажу об одном великом мысленном эксперименте физика Эрнста Маха. Того самого Маха, именем которого названа безразмерная величина скорости в гидродинамике и газодинамике (т. н. «число Маха»). Того самого Маха, философия которого настолько возмутила Ленина, что подвигла написать работу, которую в мое время изучали в школе на уроках обществоведения. Ее давали школьникам, поскольку сия работа считалась знаковой в коммунистической философии, и называлась она «Материализм и эмпириокритицизм. Критические заметки об одной реакционной философии».

Эмпириокритицизм – это второе название махизма. Соответственно, в своей работе дедушка Ленин бесстрашно бичевал Маха и его философию. Мах был известным физиком и членом Венской императорской академии наук. Ленин был неудавшимся юристом, физикой никогда не занимался, но решил старого физика поучить. И зря. Потому что Мах был совсем не прост! Именно идеи Маха побудили Эйнштейна создать две свои теории относительности –

³ В.И. Ленин. Материализм и эмпириокритицизм. – М.: Звено, 1909.

специальную и общую, о чем мало кто знает. Причем, создавая общую теорию относительности, Эйнштейн даже написал Маху письмо о том, что его, Маха, принципы непременно восторжествуют в новой теории Эйнштейна. Потому что именно Мах впервые отказался от ньютоновского пространственного абсолютизма и принял принцип релятивизма (относительности).

За что же невзлюбил Ленин Маха? Ведь Мах был вполне себе рационалистом и позитивистом, то есть считал, что знание должно быть эмпирическим, а мир надо изучать экспериментально, да физик и не мог не быть позитивистом! Правда, он говорил и о важности мысленного эксперимента. А вообще взгляды Маха, так взбесившие Ленина и весь мировой пролетариат, были реакцией великого физика на кризис в физике, постепенно сложившийся к концу XIX века.

Однако нефизик Ленин специально в 1908 году приехал в Лондон, чтобы расправиться с Махом путем написания своего философского труда. И наскоро расправился, используя такие сильные аргументы и выражения, как «безмозглая философия Маха», «нелепая и реакционная теория», «учено-философская тарабарщина», «профессорская галиматья», «претенциозный вздор» и т. п. Резкий был мужик!

Лезть в ленинскую философскую скучищу, слегка разбавленную ругательствами, мы не будем, поскольку книжка наша посвящена не столько философии, сколько физике и вообще мы приличные люди. Поэтому, наступив на Ленина, поговорим далее про Маха и его мысленный опыт, мощно качнувший физику того времени и давший Эйнштейну путеводный пинок к научному бессмертию, а Ленину в итоге – повод для пролетарской ярости.

Разговор придется начать с ведра. И с Ньютона. И с абсолютной безысходности бытия, от которой ломит зубы...

Мне, честно говоря, удивительно, что примерно с восемнадцатого века параллельно бурному развитию науки по Европе семимильными шагами начал распространяться атеизм. Понятно, что развитым интеллектуалам той поры библейские сказки и малограмотные проповедники уже казались смешными, поэтому французские философы-просветители начали религию всячески высмеивать. Но ведь строго говоря, физика XVII–XIX веков не оставляла атеистам никакой надежды! Мы, люди современности, привыкли, что наука противостоит религии и всячески ее разоблачает. Но, если вдуматься, ведь нет ничего страшнее и религиознее ньютоновской физики! Она ведь фатальна. Точнее, фаталистична.

Ньютоновская физика совершенно кошмарна и абсолютно безальтернативна, если вдуматься. Она не только не оставляет человеку свободной воли, но и самым парадоксальным образом научно доказывает существование бога, с одной стороны, а с другой – противоречит основным догматам христианства, которое постулирует свободу воли. Мол, бог дал человеку свободу самим решать, например, куда пойти: налево или направо.

Ньютоновская механика, которую все мы проходили в школе как базу, как первую ступеньку в доме физики, изучала мир твердых тел и их столкновений. Вспомните школьные уроки: шарики на деревянных желобах, параболические траектории на страницах учебника, три закона Ньютона плюс его же закон всемирного тяготения. Скорости, импульсы, моменты количества движения. То, что сейчас проходят дети, когда-то постигали мудрые дяди в париках. И когда прекрасное здание ньютоновской механики было выстроено и проверено практикой, оказалось, что мир – это часы, точнее, огромный часовой механизм с неизменными «шестеренками», который подчиняется железным законам механики. И если бы мы знали координаты и импульсы (скорость и массу) всех частиц во вселенной, то могли бы с любой точностью предсказать будущее на сколь угодно большой срок, будь у нас соответствующие вычислительные мощности. И восстановить прошлое тоже могли бы, запустив уравнения в обратную сторону.

То есть мир трагически фатален.

Впервые я столкнулся со словом «фаталист» на уроке литературы. Так называлась глава в романе Лермонтова «Герой нашего времени», которую мы проходили. Я тогда не знал значения этого слова, а когда узнал, по-детски тяжело задумался. Ведь слово «фаталист» обозначало странного человека, который верит в то, что все в мире предопределено и ничего изменить нельзя. С ньютоновской механикой у меня это тогда никак в голове не пересекалось. Мне чудилась какая-то невидимая книга, в которой неизвестно чья невидимая рука записала невидимыми чернилами невидимый мировой текст, от которого никакие события никоим образом не могли отклониться. Что написано, то и сбудется. Аминь.

А почему? Ведь люди говорят о какой-то свободной воле! Она тоже прописана в невидимых анналах? Тогда какая же это свобода?

Однако именно такая картина вытекала из физики XIX века, которую студенты учили в эпоху Лермонтова, наверняка не отдавая себе отчета в том, что из нее прямо вытекает тотальная детерминированность мира, состоящего из частиц, поскольку все частицы подчиняются законам механики. А раз так, мир фатален! Так говорит наука!

Но при этом возникало два вопроса.

Первый. Ну, если мы, допустим, пусть и теоретически, но можем просчитать и предсказать как будущее, так и прошлое, получается, что предопределен был и этот расчет? А если он покажет какие-то нехорошие события в скором будущем, то почему мы не можем их предотвратить? Например, получив расчетное предсказание, просто взять и не пойти в ту сторону, где на голову упадет кирпич? Или мы непременно туда пойдём?.. И дело тут не в том, что нам неоткуда узнать координаты и импульсы всех частиц мироздания и нет мощностей для такого просчета, тут дело в самом принципе: если можно просчитать и узнать, почему нельзя изменить? Что помешает-то повернуть влево, а не вправо? Мы же не бессознательные автоматы, и, если нам скажут: пойдешь направо – умрешь, почему бы, осознав это, не свернуть налево? Получается, что в ньютоновском мире не может быть сознания, а только чистый автоматизм?

Вопрос второй. Мы видим усложнение в мире. В нем существуют немыслимо сложные системы типа организмов. В нем строятся дома там, где раньше их не было. Вон паровоз еще изобрели. Получается, что это все тоже следствие простых механических столкновений частиц, из которых состоим мы и все вокруг? Но это значит, что есть какая-то заранее заданная программа, то есть кто-то таким образом толкнул в изначальный момент все частицы вселенной, чтобы в результате всех последующих соударений их друг с другом получались все более сложные системы. И кто же этот Великий Программист?

Недаром Ньютон верил в бога.

А что есть бог? Бог есть Абсолют. Нечто вечное и неизменное. И то, что исходит от Абсолюта, имеет абсолютные характеристики. Значит, есть абсолютная (истинная) правда, абсолютное Зло и абсолютное Добро с больших букв, абсолютные точки отсчета и пр. И естественно, эта абсолютистская точка зрения привела Ньютона к появлению Абсолюта и в его научной парадигме.

Что же явилось таким Абсолютом в ньютоновской физике? Масса? Скорость? Направление? Все это могло меняться, а тела – перемещаться друг относительно друга. И про относительность скорости науке было известно еще со времен Галилея. Именно Галилей открыл, что в инерциальных системах отсчета никаким образом нельзя определить, находясь внутри системы, движется она или нет. Инерциальная, напомним, это такая система, которая покоится или движется равномерно и прямолинейно. Получается, что движение неотличимо от неподвижности, поскольку движение относительно, а не абсолютно. Если вы утверждаете, что движетесь, вам всегда нужно указать, относительно чего. То же самое, если вы скажете, что покоитесь, вам всегда нужно уточнять, относительно чего. И при движении всегда можно найти такую систему отсчета, относительно которой вы не движетесь, потому равномерное и прямолинейное движение и неотличимо от покоя. Все окей!

А криволинейное? А неравномерное?

Вот на этом-то Ньютон и выскочил из галилеевской относительности! Да, действительно, если человек сидит в закрытой вагонетке, он никакими экспериментами не сможет узнать, движется ли он равномерно и прямолинейно по рельсам или вагонетка стоит на месте. Никакими! А вот для того, чтобы узнать про ускоренное или криволинейное движение, ему даже экспериментов проводить не надо, он узнает об этом просто по своим внутренним ощущениям. Тело само подскажет: если вагонетка будет ускоряться, человека вдавит в кресло; если она затормозит, тело бросит вперед; а если начнет поворачивать или двигаться по окружности, его накренил и прижмет к поручням кресла.

Разве не странно? Ведь движение относительно, и, приняв за систему отсчета (систему координат) саму движущуюся вагонетку, мы с полным правом заявим, что она покоится. В теории! А на практике тело сразу скажет вам, что ни черта подобного, ишь как кидает и в кресло вжимает, не иначе мы на американских горках носимся!

Но почему? Куда вдруг делась относительность движения? Отчего движение с набором скорости или по кривой отличается от движения без изменения скорости и по прямой? Что делает ускоренное движение «абсолютным»?

Ньютон сел под яблоней и, не обращая более никакого внимания на хлопающие по макушке яблоки, поскольку всемирный закон тяготения был уже открыт, зажмурил глаза и представил себе ведро на веревке. И мы сейчас сделаем то же самое, немного напрягшись.

Итак, ведро. С водой. На веревке. Если ведро попридержать, а веревку закрутить вдоль оси, как резинку, приводящую в движение пропеллер фанерного самолетика, а потом отпустить, веревка начнет раскручивать ведро.

Сначала будет раскручиваться только само ведро, а уровень воды в нем будет горизонтальным. Потом стенки ведра постепенно приведут во вращение весь массив воды, и вскоре вода будет вращаться как единое целое с ведром, а ее угловая скорость сравняется со скоростью стенок ведра. При этом поверхность воды примет вогнутую форму. Вы примерно такую наблюдали, когда ложечкой сахар в чае размешивали, только здесь не ложка раскручивает воду, а стенки сосуда.

Ну, а затем произойдет понятный обратный процесс – веревка закрутится в другую сторону до предела, в какой-то момент ведро замрет на мгновение и начнет крутиться в другую сторону. Вода же по инерции будет еще некоторое время крутиться в прежнем направлении, сохраняя воронку на поверхности. Постепенно стенки ведра затормозят воду, по мере этого торможения поверхность воды будет терять свою вогнутость, в какой-то момент массив воды остановится, поверхность примет ровную горизонтальную форму, а затем, увлекаемая стенками, вода начнет крутиться в другом направлении вслед за ведром, а поверхность станет все больше выгибаться.

– Что все это значит? – задумался Ньютон. – Выгибание поверхности воды центробежными силами однозначно показывает нам: вода крутится. Но относительно чего она движется при этом? Относительно ведра? Нет! Когда скорости воды и ведра сравниваются, вода относительно ведра не движется, но имеет вогнутую форму. А вот когда скорости стенок ведра и воды максимально разнятся и вода движется относительно ведра, ее поверхность как раз гладкая и горизонтальная.

Значит, не в ведре дело. Не его нужно брать в качестве системы отсчета. Значит, истинное кручение воды, о котором однозначно свидетельствует образовавшаяся на поверхности воды воронка, происходит относительно чего-то другого. Чего? Что является той абсолютной системой координат, движение относительно которой выгибает воду в ведре?

Ньютон вздохнул, снял парик, почесал побитую яблоками макушку и решил, что та абсолютная и невидимая глазу координатная сетка, относительно которой крутится ведро и которая заставляет воду выгибаться, это пустое пространство.

– Пустое пространство есть абсолютная система невидимых божественных координат! – сказал Исаак наш Ньютон, как отрезал. – Это сцена, на которой материя разыгрывает свой спектакль!

Сильно. Но непонятно.

Что такое пустое пространство? Это же ничего! И как ничего может выгибать воду? Чем? Как пустое пространство воздействует на реальный материальный объект?

К тому же оставался неясным еще один вопрос: если пространство действительно существует как самостоятельная объективная сущность, почему оно воздействует силовым способом только на тела, изменяющие скорость, а на равномерно движущиеся не воздействует? Почему, если абсолютная неподвижная сетка координат, именуемая пространством, действительно существует в реальности, по ней нельзя засечь равномерное движение? Почему только ускоренное? Тут, уж извините, или трусы наденьте, или крестик снимите; или сетка есть, и мы относительно нее меряем скорость, или здесь какая-то натяжка у вас произошла, дорогой Исаак!

– А может ли вообще существовать пространство без материи? Имеет ли оно вообще какой-то физический смысл отдельно от материи, как самостоятельная сущность? – задумался Мах. Не является ли пространство без материи такой же нелепостью, как алфавит без букв, шахматы без фигур или лед без воды?

И дальше Мах провел свой знаменитый мысленный эксперимент, который смелостью мысли потряс физиков той эпохи, заставив их разделиться на два лагеря.⁴

Представим себе, предположил Мах, что мы имеем некое тело – то же ведро с водой, например, висящее в безбрежном космосе, где вокруг только далекие звезды. И оно начинает вращаться. Как определить, относительно чего оно вращается? Да очень просто – относительно звезд! Если это тело не ведро, а человек, то он увидит, как вокруг него закружилась звездная сфера. И неважно, сколько там звезд – много или мало, да хоть бы всего одна, все равно мы увидим свое вращение.

А если звезд нет?

Если наша воображаемая вселенная абсолютно пуста? Как тогда засечь вращение? Как определить, вращается наше тело или нет, если вокруг ничего, никаких зацепок? В этом случае утверждение про вращение просто не будет иметь смысла! В этом случае вращение просто неотличимо от невращения. И значит, вода в нашем ведре выгибаться не будет (оно же не вращается, по сути), а если это наше тело в скафандре, наши раскинутые руки не будет растаскивать центробежная сила в разные стороны.

А это значит, по мнению Маха, что центробежная сила образуется не пустым пространством, относительно которого мы вращаемся, а всей материей вселенной, всеми теми миллиардами звезд вселенной, которые гравитируют и относительно которых вращается наша масса.

Это была богатая идея! Мах отказался от ненаблюдаемой и неосязаемой координатной сетки пространства, связав пространство с материей в один неразрывный комплекс. Он убрал неподвижный мифический Абсолют и заменил его относительностью вселенской материи,

⁴ Не нужно недооценивать силу мысленных экспериментов. Иногда в физике они играют роль едва ли не большую, чем эксперименты натурные. Так, например, Галилей открыл, что тяжелые и легкие тела падают с одинаковой скоростью благодаря мысленному эксперименту, а вовсе не благодаря швырянию предметов с Пизанской башни, о чем гласит легенда, но чему нет никаких достоверных сведений. Раньше считалось, что тяжелые вещи летят к земле быстрее легких. Галилей опроверг эти идущие еще со времен Аристотеля заблуждения следующим рассуждением. Допустим, мы разделим тяжелое тело на две неравные части. Тогда получается, что более тяжелый кусок прилетит вниз быстрее легкого. А если мы свяжем их веревкой, тогда при падении легкая часть будет тормозить тяжелую, а тяжелая ускорять легкую, и как тогда должно упасть тело – с некоей средней скоростью или, как если бы мы его не разделяли вовсе, ведь мы его соединили обратно веревкой?! А мы можем и не веревкой связать, а просто легкое тело положить сверху на тяжелое! Да и вообще не заморачиваться с разделением, а просто считать, что любое тяжелое тело состоит из тысяч легких, слепленных вместе, при этом легкие должны падать медленнее, чем одно тяжелое, но ведь они вместе одно тяжелое и составляют! Приходим к абсурду, а значит, все тела – и легкие, и тяжелые – падают на землю с одинаковой скоростью. Если конечно, им не мешает воздух» (Г. Галилей, трактат «О движении», 1590).

заявив: «А если бы во вселенной была всего одна звезда, вода в нашем ведре выгнулась бы совсем-совсем-совсем чуть-чуть, ничтожно мало!»

– Елки-палки! – от неожиданности крикнули тогда физики всего мира и Ленин. И крепко задумались. Идея всем понравилась (кроме Ленина). Она очень понравилась и Эйнштейну.

– Что-то в этом есть, – подумал тогда молодой и смелый работник патентного бюро в Берне. Результат его раздумий нам всем теперь известен и многократно подтвержден экспериментально: две теории относительности как с куста! А началось все с антиленинских идей Маха (что конкретно не понравилось Ленину во взглядах австрийского физика, мы увидим далее).

В дальнейшем уже сам Эйнштейн предложил несколько удивительных мысленных экспериментов, которые сломали физикам головы, причем, один из них был через много лет экспериментально проверен, что самому Эйнштейну представлялось невозможным.

И если Мах связал пространство с материей, то Эйнштейн позже эту связь углубил и показал, как именно они связаны (через искривление пространства массой), а также связал пространство со временем в один пространственно-временной континуум, вслед за Махом раскачав ломом относительности божественный абсолютизм Ньютона. Но это оказались только цветочки. Квантовые ягодки были впереди! Именно квантовая механика демонтировала фатализм ньютоновской механики и отодвинула в сторону бога, определив, что запросто можно обойтись и без него, а заодно поставила вопрос о самом существовании физической реальности.

Глава 2

Сплошное волнение

Вы хорошо представили себе этот мир ньютоновской механики, похожий на неумолимые часы с шестеренками? До боли представили? До ужаса? Мир, в котором ничего нельзя изменить, в котором все происходит с механической предопределенностью, а из причины следует однозначное неизменяемое следствие...

Откуда бы взялся этот мир, столь законченный, заверченный и совершенный, как заведенный брегет с крышкой, забытый на каминной полке? И зачем в таком мире сознание, если и так произойдет все, что должно произойти – с убийственной неизбежностью механической шестерни? В таком мире сознание просто бы не возникло за ненадобностью. Впрочем, о сознании мы еще поговорим...

Все, что окружало Ньютона и физиков его эпохи, – это твердые тела, а также жидкости и газ, также состоящие из атомов, то есть опять-таки твердых неделимых частичек, подчиняющихся законам механики. Две только вещи были непонятными в этом механическом мире: притягивание бумажек натертым о шерсть янтарем и свет.

Свет – это вообще что такое?

Вопрос, конечно, интересный для XVII века. Ньютон считал, что свет – это корпускулы, то есть крохотные частички, испускаемые источником света. Если весь мир состоит из частичек, то почему бы и свету ими не быть? Отражение света от зеркала (угол падения равен углу отражения) – это упругий отскок частичек. Причем частички эти разного размера, полагал Ньютон. Те, что побольше, воспринимаются нами как красный цвет (свет); те, что поменьше – иных цветов радуги. Самые маленькие – голубой и фиолетовый. А смесь разнокалиберных частичек в равной пропорции дает белый цвет (свет). Гениально! И практически в точку даже по размерам.

Но была и другая точка зрения на такое загадочное и вместе с тем обыденное явление, как свет. Некоторые физики небезосновательно думали, что свет – это волна. Эту точку зрения разделял Гюйгенс.

Мысль смелая, поскольку весь механистический ньютоновский мир состоит из частичек, и в нем наблюдается такое явление, как волны, состоящие из коллективного согласованного движения частичек среды, то почему бы свету не быть такими волнами, а? Волны на море – лучший пример согласованного движения частичек среды. Звуковые волны – тоже неплохой. Разница между ними только в том, что морские волны – поперечные, а звуковые – продольные, но это непринципиальное отличие. Главное, что математическая теория волновых колебаний у физиков была. Физики – народ ушлый, они изучали и отдельные физические тела, упруго сталкивающиеся, и их коллективное поведение, которое удобнее было описывать волновыми уравнениями.

Но вопрос тем не менее оставался: все-таки свет – это поток отдельных частиц, летящих прямо, как горошины, или это волновые колебания некоей упругой среды, состоящей из частиц, наподобие звуковых волн в воздухе? И что это за среда?.. А среда, полагал Гюйгенс, это некий все собой заполняющий мировой эфир, который подозрительно напоминал ньютоновское пространство, только был не пустым местом.⁵ Может, этот гипотетический мировой эфир и есть та самая абсолютная система координат?

Пока в среде физиков шли эти терки, мимо прокрался Томас Юнг и в 1801 году, в наполеоновскую эпоху, с помощью простейших опытов доказал:

⁵ Х. Гюйгенс. Трактат о свете, 1698.

– Ребята! Свет – это волны. Теперь, что хотите, то и делайте! – И сатанински расхохотался.

Пусть читатель извинит меня за мою прямогу, но я рассказываю все, как было. Пусть также искушенный читатель извинит меня за дальнейшие всем известные еще со школьной скамьи подробности, которые излагаются во многих научно-популярных книгах по физике и даже мною в разных книгах были изложены неоднократно. Я имею в виду описания легендарных двухщелевых экспериментов, которые мне снова придется описать и в этой книге тоже. Я же не могу отсылать читателя к другим источникам прямо в середине интересного рассказа. Наверняка есть люди, для которых это внове, ибо они плохо учились в школе, поэтому здесь я еще раз изложу ситуацию с самых азов – так, чтобы поняли даже девочки и двоечники. Мне это удастся легко! Потому что автор обладает редким талантом излагать сложные вещи простым языком. Так что следите за мыслью!..

Двухщелевые эксперименты стали самыми известными экспериментами в физике. Именно они перевернули мир...

Волны, как и любая физическая реальность, имеют свойства, присущие только им... Вообще, давайте разберемся, в чем принципиальное отличие волн от других физических штук типа табуретки или Луны. Луна и табуретка – это физические тела, то есть объекты. Если их швырнуть, они полетят по какой-то траектории. Луну даже швырять не надо, она и так летает вокруг Земли по эллипсовидной орбите.

А волна – это не объект. Волна – это процесс. Процесс согласованного движения мириад частиц среды, в результате которого по среде бегут те самые волны сгущений или разрежений (в случае продольных волн) или пиков и впадин (в случае волн поперечных).

И процесс распространения волны имеет свои свойства. Волны обладают свойствами рефракции, дифракции и интерференции. То есть они могут огибать препятствия и складываться друг с другом. Там, где складываются горбушки волн, получается волна удвоенной амплитуды (высоты), а если горб встречается с впадинкой – они компенсируют друг друга. И волна гаснет. Ну, и еще, как всякому известно, волны характеризуются частотой (число колебаний в единицу времени) и длиной волны (расстояние между соседними горбами).

Понятно, что у объектов всего этого нет: ни частоты, ни длины волны, ни интерференции – две табуретки не начнут складываться, чтобы при встрече друг с другом образовать табуретку вдвое большего размера.

Хитрый, как сто чертей, Томас Юнг пропустил луч света через две расположенные рядом прорези в светонепроницаемой шторке, и на экране за шторкой образовалась чудесная интерференционная картина.

Если бы свет был частицами, картина на экране была такой.

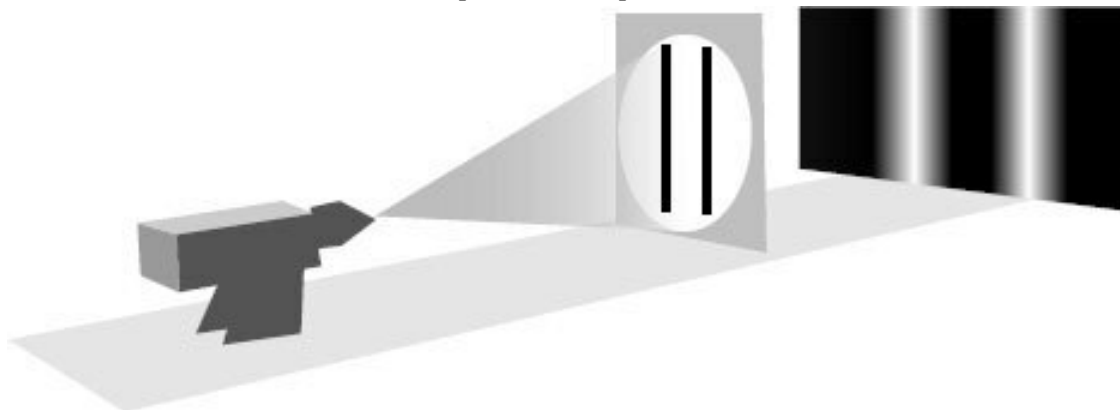


Рис. 3

А она – вот такая. Волны интерферируют, образуя интерференционную картинку.

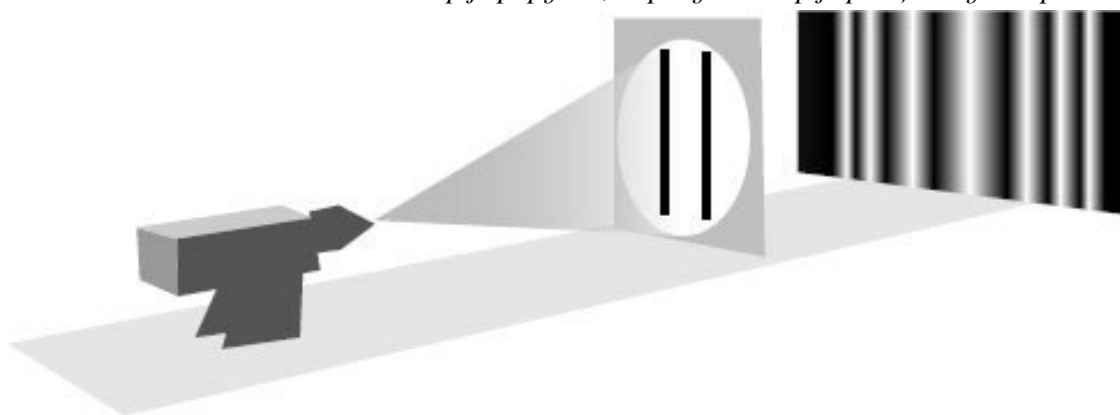


Рис. 4

Все! Баста! Разговор окончен! Таким вот простым способом была неопровержимо доказана волновая природа света. Расходимся...

Позже выяснилось, что свет – это электромагнитная волна. И теперь в каждом школьном классе висит чудесная цветная шкала электромагнитных колебаний, начиная от радиоволн и заканчивая жестким гамма-излучением. И примерно в середине этой шкалы есть маленький участок оптического диапазона. Тот самый свет.

Опыт Юнга был поставлен в 1801 году, и весь долгий девятнадцатый век наука знала: свет – это волны. Наверное, колебания некоего светоносного эфира, который мы раньше считали пустотой. Максвелл разработал теорию электромагнетизма, расписав формулы, которые нынче учат в школах и институтах. И все было прекрасно и удивительно в науке физике, которая, базируясь на ньютоновской механике, включала в себя также электродинамику и термодинамику (науку о распространении тепла).

Все было просто превосходно – до тех пор пока не случилась та самая катастрофа.

Вы, скорее всего, даже вспомните ее название из школьного курса. Поскольку то, что случилось, воспринималось именно как крах, физики отразили свои переживания в самом названии проблемы – «ультрафиолетовая катастрофа». Под зданием физики рванула настоящая бомба!

Поначалу не все физики поняли масштабы бедствия. Ньютонианская картина мира, дополненная теорией электромагнетизма Максвелла и термодинамикой Больцмана энд К⁰, была столь прекрасна, величественна и непротиворечива, что в храме физики к началу XX века заиграла органная музыка и воцарилось чинное благолепие. Что подчеркивается следующим историческим диалогом, который приводят многие авторы научно-популярных книг по физике (и я не исключение, потому вновь прошу прощения у тех, кто знает, о чем пойдет речь).

Диалог этот состоялся в 1874 году в стенах Мюнхенского университета между молодым человеком, выбиравшим свою жизненную стезю, и профессором физики Филиппом Жоли. Юноша колебался, какой путь выбрать – стать физиком или музыкантом. Он писал музыкальные пьесы, отлично играл на рояле и имел хороший голос. Но физика его интересовала тоже, и в математике парень разбирался отлично. Старенький профессор окинул взглядом студента и сказал:

– Молодой человек! Физика как наука кончилась: она практически завершена. Осталось сделать пару мелких уточнений, на которые вам, наверное, не стоит тратить жизнь.

– Да я в мировые звезды и не рвусь. – Ответил юноша. – Меня устраивают мелочи. Сделаю пару уточнений!

Звали этого молодого человека Макс Планк. В 1947 году «Нью-Йорк Таймс» назвала его одним из самых величайших гигантов мысли в истории цивилизации наряду с Эйнштейном и Архимедом. На надгробии этого человека вместо дат рождения и смерти выбито число, которое в физике называется «постоянная Планка». Это главная константа квантового мира...

Кстати, став физиком, Планк играть на рояле не перестал, и порой они с Эйнштейном, который приносил с собой скрипку, зажигали на пару. Думаю, музыка много потеряла...

Сам Планк был человеком трагической судьбы. Две его дочери умерли молодыми в родах. Старший сын пал на Первой мировой войне в знаменитой Верденской битве, известной как «Верденская мясорубка», где погибло тогда более миллиона человек. Младший сын был казнен в январе 1945 года за участие в покушении на Гитлера, которое организовал полковник фон Штауфенберг. В конце войны дом Планка был разбомблен, и старый уже к тому времени Макс Планк пошел со своей женой, оставшись без всего в этой жизни, куда глаза глядят.

А главной научной трагедией Планка было то, что этот человек, положивший начало квантовой механике и придумавший само слово «квант», так и не поверил в существование квантов. Он-то полагал, что его формулы – это всего лишь паллиатив, костыль, временное вспомогательное решение проблемы, пока физика не придумает что-то посущественнее и пореальнее его квантов. Но все дело в том, что он сам и был – физика! Планк стоял в самом ее передовом ряду и не было никого первее.

Так что же за проблемы возникли у физики в конце XIX века? Какая малая дырочка оказалась столь влиятельной, что разрушила плотину, через которую в физику хлынул целый новый мир, ранее не замечаемый?

Дырочек было две. Первая – несоответствие фактического положения Меркурия его теоретическому положению, просчитанному по ньютоновской механике. Вторая заковыка – та самая ультрафиолетовая катастрофа, которая заключалась в том, что как-то неправильно излучало абсолютно черное тело.

Что такое абсолютно черное тело?

Еще в 1860-х годах один из учителей Планка, Густав Кирхгоф, придумал модельный объект для мысленных экспериментов по термодинамике – абсолютно черное тело (АЧТ). По определению, АЧТ – это такое тело, которое поглощает абсолютно все излучение, падающее на него, и ничего не отражает. Кирхгоф показал, что АЧТ – это еще и лучший излучатель из всех возможных. Ведь тот факт, что абсолютно черное тело поглощает все излучение, говорит о том, что оно нагревается, а значит, излучает тепло (и свет при сильном нагреве)!

Самой распространенной моделью черного тела, которую приводят в пример школьникам, является сфера с внутренней зеркальной или черно-сажевой поверхностью и дырочкой, как на рисунке. Луч света, залетев в дырочку, попадает в ловушку и поглощается сажей или начинает бесконечно отражаться от стенок, потому что вероятность вырваться обратно у него очень мала.

Модель абсолютно черного тела. АЧТ – это не вся сфера, а только дырочка, в которую попадает свет и оттуда уже не вылетает.

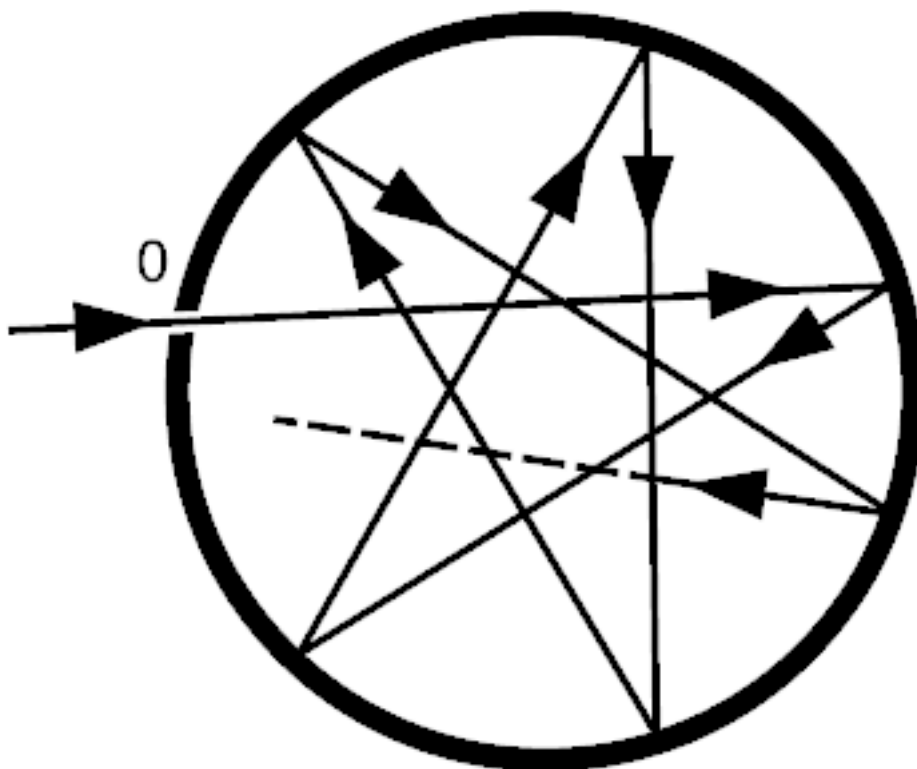


Рис. 5

Естественно, как любой нагретый объект, черное тело излучает в широком диапазоне длин волн, причем, по мере нагрева пик излучения смещается в коротковолновую (высокочастотную) область. Ближайший аналог АЧТ – нагретый до красноты или белого каления кусок металла: чем выше температура куска металла, тем белее его свечение.

Так вот, расчеты, проведенные в соответствии с классической физикой, давали очень хорошее совпадение с экспериментом в области длинноволнового излучения (для не сильно нагретых тел), но для тел, нагретых сильно, то есть излучающих в области коротковолновой, классическая физика давала абсурдный результат – тело должно было излучать бесконечно большую энергию!

Это было крайне неприятно – увидеть такое в расчетах!

Зависимость энергии, излучаемой АЧТ, от длины излучаемых волн и температуры его нагрева. Крайняя правая линия, улетающая в бесконечность, – результат теоретического предсказания классической теории для тела, нагретого до температуры 5000 К. Прочие линии – результат эксперимента.

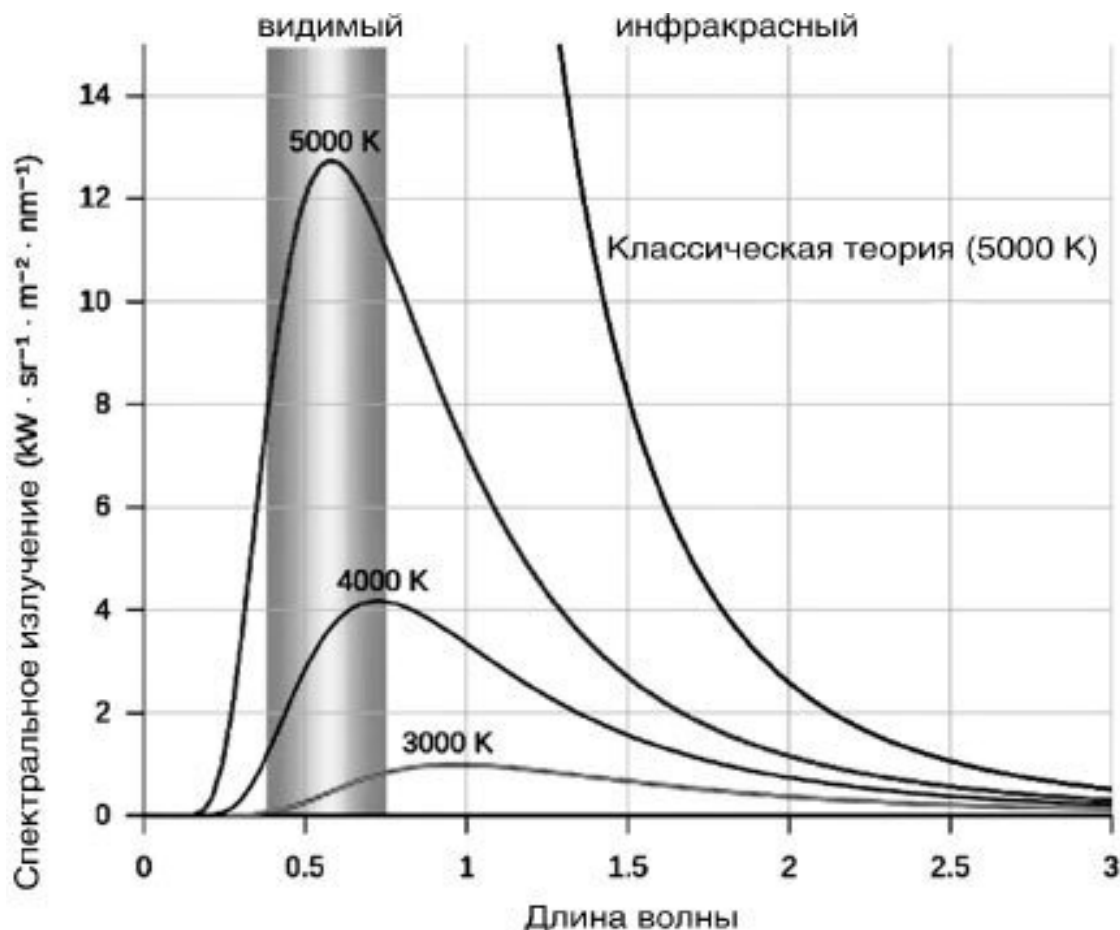


Рис. 6

Эту нелепицу устранил Макс Планк, сделав допущение, что энергия из АЧТ не льется сплошным волновым потоком, а излучается «поштучно», порционно – квантами. Квант есть маленькая неделимая порция. Причем энергия кванта пропорциональна его частоте, а коэффициентом пропорциональности служит некая величина, которую потом называли «постоянной Планка».

Оформив это свое предположение математически, Планк внес поправки в формулы, и они дали прекрасное совпадение с экспериментом.

Сам Планк в свое предположение о квантах не верил. Ему казалось, что когда-нибудь его вынужденное допущение будет устранено. Однажды Планк гулял со своим сыном-подростком (которого через много лет казнил Гитлер) и на вопрос мальчика, чем отец занимается, ответил, что он или сделал открытие на уровне Исаака Ньютона, или занимается какой-то странной нелепицей.

В общем, Макс Планк, стоявший у истоков квантовой физики, человек, с которого квантовая физика началась! – в кванты не верил.

Вторым человеком, заложившим краеугольный камень в квантовую физику, был Эйнштейн со своей работой по фотоэффекту. И ему квантовая физика жутко не нравилась! Но он, как и Планк, был вынужден строить ее здание – сама природа заставила.

В двух словах напомним историю с фотоэффектом. Дело было так.

В XIX веке открыли явление фотоэффекта – при облучении металла светом из металла начинают выбиваться электроны. Картинка ниже наверняка покажется вам знакомой, и немудрено – вы видели ее на уроках физики.

Световой поток выбивает электроны из катода лампы, и под действием электрического поля они устремляются к аноду, замыкая цепь.

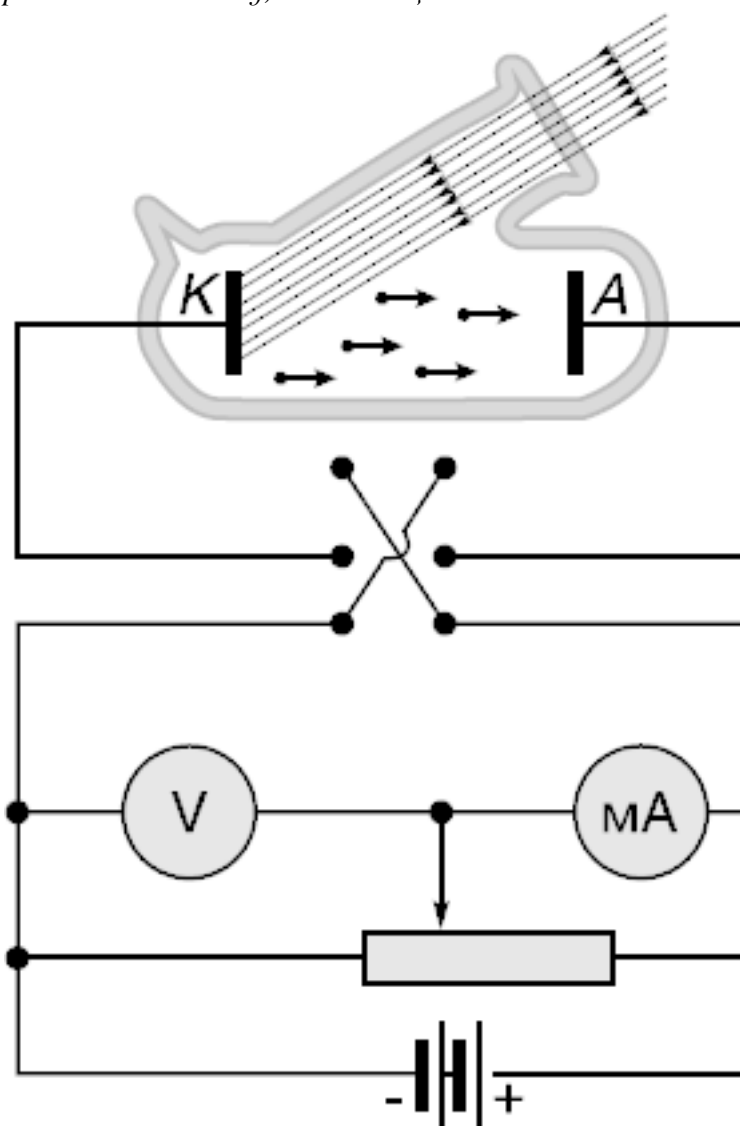


Рис. 7

Как рассуждали представители классической физики эпохи стимпанка? Ну, если свет – это волна, то поливая световым потоком металл, как из шланга, мы постепенно накачиваем электроны энергией, и когда электрон накопит энергию, достаточную для того, чтобы оторваться от ядра атома, он вылетит. Стало быть, чем интенсивнее мы «поливаем» электроны, тем больше будет фотоэффект. А от цвета света, то есть от частоты излучения, эффект зависеть не должен. Однако результат эксперимента оказался полностью противоположным. Оказалось, энергия вылетающих электронов связана не с интенсивностью света (ярче, темнее), а почему-то с его частотой. И при достижении какой-то критически низкой частоты, электроны переставали выбиваться даже при высочайшей интенсивности светового потока.

Почему?

Эйнштейн, занявшийся этой проблемой, закрыл вопрос со свойственной ему гениальностью. Он, взяв на вооружение идею Планка о том, что излучение и поглощение энергии происходит порциями, квантами энергии, заявил:

– Ребят! Свет – не волна! То, как он себя ведет при выбивании электронов, говорит о том, что так вести себя могут только частицы. И чем они энергичнее, тем больше энергия

выбитого электрона. А энергия световых частиц зависит от их частоты. То есть влияет не количество частиц (интенсивность света), а их качество (частота). Слабенькими частицами хоть уполивайся, у них недостаточно энергии для того, чтобы вырвать электрон из металла. А вот даже одной энергичной частицы достаточно, чтобы вырвать один электрон, то есть реденького потока энергичных частиц света вполне хватит для начала фотоэффекта. Бинго, друзья!

Частицы эти позже называли фотонами.

И во всем этом была двойная странность. Во-первых, о каких частицах речь, если свет – это волна, что доказано опытным путем!? Во-вторых, если Эйнштейн говорит о частицах, то, черт возьми, какая у частиц может быть частота? Ведь частица – это объект, а не процесс!

Молекула воды – объект. А волны на море – синхронизированный процесс колебания молекул воды – вверх-вниз, вверх-вниз...

Пружина – объект. Колебания пружины – процесс...

По-моему, тут все ясно. Есть же разница между ногами и ходьбой, верно? Ну, какая может быть частота (длина волны) у табуретки?

Однако Эйнштейн был прав, что и подтвердили бесконечные опыты с фотоэффектом. Десять лет некто Роберт Милликен проводил опыты с фотоэффектом, пуляя кванты света на катод. И он был такой не один. После чего физический мир согласился с правотой Эйнштейна. А Милликен, который на основании этих опытов вычислил постоянную Планка и написал: «Я потратил десять лет своей жизни на проверку этого эйнштейновского уравнения 1905 г. и, вопреки всем своим ожиданиям, был вынужден в 1915 г. безоговорочно признать, что его уравнение экспериментально подтверждено, несмотря на всю его несуразность. Ведь это противоречит всему, что мы знаем...»⁶

Таким образом квантовая природа света была доказана: свет – это частицы. Что было доказано с той же неопровержимостью, с которой ранее в опытах с интерференцией было доказано, что свет – это волна.

Свет оказался и волной, и частицей. И объектом, и процессом одновременно.

И тогда физики махнули рукой и решили: а пускай! Пусть будет противоречие. Назовем это корпускулярно-волновым дуализмом. Как только непонятную вещь как-нибудь называешь, она сразу как бы становится понятнее... И будем отныне говорить так: свет – это материальный объект, который можно описать и как частицу, и как волну в зависимости от способа описания и приборного парка. Хотите описать свет как волну – устраивайте эксперименты по дифракции и интерференции. А если хотите описать свет как частицы – фотоэффект вам в руки! Применение двух *взаимоисключающих* моделей для описания одного природного явления называли принципом дополнительности.

Но на этом история не закончилась. Вслед за Эйнштейном на сцену выскочил Луи де Бройль со своим номером. Ему пришлось в голову удивить публику следующим трюком:

– Так! Идея следующая. Там, в этом микромире, где все такое маленькое и непонятное, световые волны оказались частицами. Так может быть, и частицы тоже обладают свойствами волн, а? Как тебе такое, Макс Планк?

Тоже ведь гениальная идея, согласитесь. Если фотоны обладают свойствами волн и частиц одновременно, почему бы и частицам, электронам, например, не иметь частоты и длины волны?

Позже был проведен аналог двухщелевого эксперимента с пучком электронов. И они исправно нарисовали на экране интерференционную картину. В точности как свет. Хотя всем в ту пору было известно, что электроны – это маленькие отрицательно заряженные шарики, которые кружатся вокруг положительного заряженного ядра атома.

⁶ М. Планк. Революция в микромире. Квантовая теория. – М.: ДеАгостини, 2012.

– А вдруг, – пришла в чью-то голову свежая идея, – поток электрончиков, пролетающих в эти щели, синхронно колеблется? Вдруг согласованное движение электронов образует волны в электронном потоке? Ну, так же как образуется звуковая волна в воздухе? И в результате мы видим интерференционную картину? Ась?

Хм. Как это проверить? Да очень просто! Надо запускать в установку электроны по одному. И если после тысяч простреленных через две щели электронов на экране постепенно образуются две засвеченные полосы напротив щелей, тогда электроны – однозначно частицы! А если постепенно, отдельными точечками, нашлапается на экране та же интерференционная картина, значит, они – волны! Точнее, в полете ведут себя как волны, а точками (частицами) становятся, уже ударившись в экран.

Так ведут себя волны. Каждая щель является вторичным источником волн, которые складываются-вычитаются с волнами из соседней щели, образуя красивый интерференционный узор.

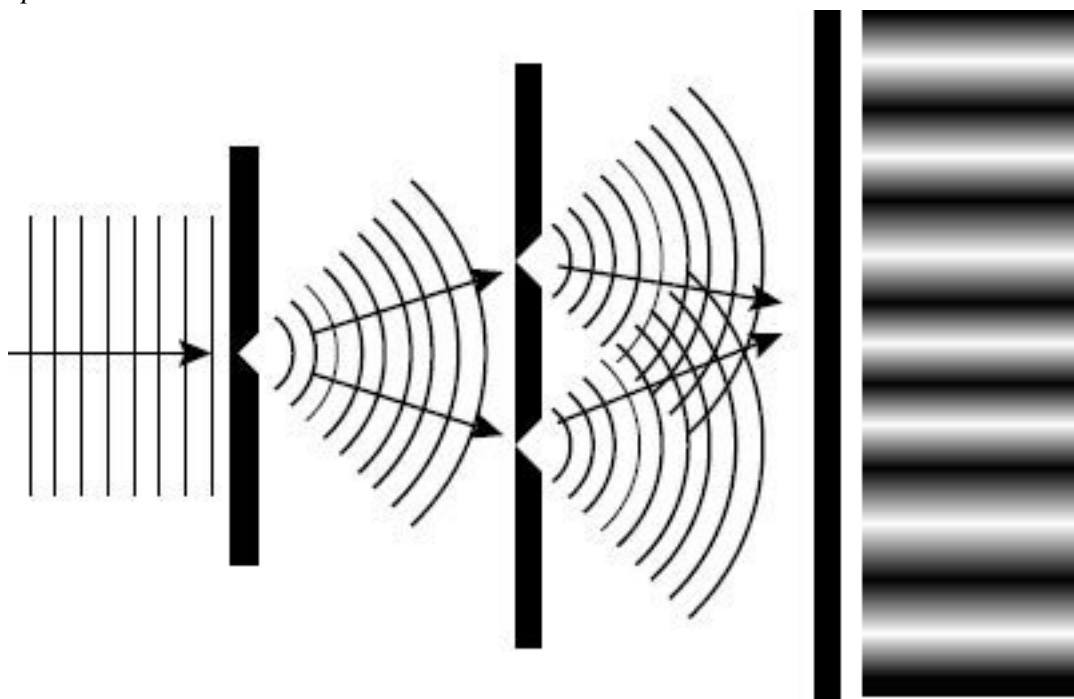


Рис. 8

Этот эксперимент был проведен. Электроны пуляли по одному. Они пролетали через установку, шлепались в экран, оставляя каждый после себя точечный след, и постепенно-постепенно на экране нарисовалась интерференционная картина.

Вот тут уже надо было крякнуть, сесть на табуретку, перекрутить портянки, достать кисет с махоркой и вдумчиво перекурить. Что вообще произошло?

Это ведь не просто означало, что электроны в свободном полете вели себя как волны! Их же пускали по одному! И после пролета через щелевую часть установки электроны хлопались на экран, уже проинтерферировав сами с собой, то есть волны складывались и вычитались горбиками и впадинками, оставляя на экране светлые и темные полосы. Но чтобы такой интерференционный рисунок получить с водяными или световыми волнами, нужно, чтобы каждая щель была вторичным источником волн, которые в пространстве за щелевым экраном будут между собой складываться и вычитаться (см. картинку).

Вы еще не поняли?

Еще раз: электроны-то запускали через две щели по одному! Это значит, что *один электрон пролетал через обе щели сразу*, после каждой щели образовывалось два фронта волны, которые и интерферировали между собой.

Бузу трешь! – как сказал бы дед Шукарь из бессмертного романа Шолохова. (Шутка.)

Но все-таки... Как один электрон одновременно мог пролететь через две щели? Как одну табуретку можно одновременно привезти на девятый этаж сразу на двух лифтах?

Естественно, у физиков возникла идея: а если закрыть одну щель, будет образовываться интерференционная картинка? Закрыли. Не образовывалась. Просто на экране напротив открытой щели, куда пролетали электроны, накапливалась жирная полоса засветки.

А если мы поставим детектор за щелью, чтобы подсмотреть, в какую же из них пролетел электрон на самом деле? Так и сделали. После чего «самое дело» изменилось. Реальность изменилась: интерференционная картинка образовываться перестала. Неужели само по себе наблюдение меняло реальность?

Нет, конечно, с облегчением вздохнули физики! Просто для того, чтобы крошку-электрончик пронаблюдать, его надо как-то засечь, например, облучить квантами. Но это уже физическое воздействие! Оно и меняет картину, превращая электрон как волну, в электрон как частицу. И волновая картинка на экране пропадает.

Фу-ух! Пока что от мистики с наблюдателем, влияющим на вселенную одним фактом наблюдения, удалось избавиться. Но ненадолго.

Ведь оставался необъясненным еще один удивительный момент, когда детектор, установленный только возле одной из щелей, НЕ регистрировал пролетевший в эту щель электрон, то есть электрон пролетал в другую щель, интерференционная картинка пропадала тоже! Но ведь электрон в этом случае не обстреливался детектирующими фотонами, поскольку на второй щели, куда он юркнул, детектора не было! Иными словами, сам факт регистрации как-то превращал электрон-волну в электрон-частицу, словно бы электронное облачко знало, что там, за щелевым экраном, его секут, и потому непредсказуемый волк заранее превращался в послушную овечку. Но как он узнал, что его будут детектировать?

На этот хитрый вопрос ответ нашелся быстро: да никак не узнал! Электронное облако ведь пролетает через две щели одновременно! И поскольку на часть этого облака возле одной щели воздействовали детектирующие фотоны, они и схлопывали волновую функцию, превращая волну в частицу, которая с вероятностью $1/2$ проявляла себя или пролетом через правую щель (регистрируем пролет) или пролетом через левую щель (не регистрируем пролет на этой щели). Вот и все!

Глава 3

Неопределенность как принцип

Забегая вперед, хочу сказать, что раз уж речь зашла о корпускулярно-волновом дуализме... Мы привыкли, что квантовые явления при всей их парадоксальности и волнующей таинственности, а также полной непредставимости для человеческого сознания, все-таки нас с вами не касаются. Все эти мутные дела происходят где-то там, в микромире, куда пальцем не долезешь. А нам тут бояться нечего! Электроны, фотоны, протоны – это мельчайшие неделимые частицы вещества, а мы, приличные люди, начинаемся где-то на уровне молекул. Как минимум!

Ну, что ж, атомы и молекулы по сравнению с тем же электроном и вправду настоящие гиганты! Самый маленький атом – атом водорода. Я не буду писать, во сколько раз объем атома больше объема электрона, поскольку гигантские цифры не воспринимаются мозгом. Мозгом воспринимается картинка. И я ее сейчас вербально нарисую: если электрон увеличить до размеров макового зерна (ядро атома при этом вырастет до 4 мм), сам атом увеличится до 400 метров в диаметре! Именно таким будет диаметр электронной орбиты. Можете сами теперь подсчитать объем шара диаметром в 400 м и объем макового зерна, после чего разделить первое на второе. Вот во сколько раз атом больше электрона.

И это самый маленький атом. А если взять атом побольше, например углерод, да сложить 60 атомов углерода, чтобы получить молекулу фуллерена, напоминающую футбольный мяч из атомов, то можно представить себе объем этого сооружения, совершенно гигантского в сравнении с точечкой электрона!

Молекулярный мяч – это уже точно самое настоящее вещество. Объект, а не процесс. Вовсе не волна, не правда ли?.. Так вот, опыт, проведенный с фуллеренами, показал: они тоже волны. Если вас это мало удивило, потому что вы – человек крепкий, уточню, что двухщелевой опыт с фуллеренами показал: они дают на экране интерференционную картину, а это значит, что один такой «мяч» пролетает через две щели одновременно!

– Как такое возможно? – Спросите вы.

А я отвечу:

– Возможно и не такое!

В 2019 году в Венском университете был проведен двухщелевой эксперимент с огромной молекулой грамицидина, состоящей из 15 аминокислот. Аминокислоты содержат от 10 до 50 молекул. Если взять в среднем, то получим четыре с лишним сотни атомов.

(Может возникнуть вопрос: если электронами можно управлять с помощью электромагнитного поля, пуляя их из электронной пушки, то как пулять и с помощью чего управлять электронейтральными молекулами? Тут приходится изощряться! Тонким слоем грамицидина был покрыт краешек быстро вращающегося диска из графита. Затем край диска обстреливали сверхкороткими лазерными импульсами, вышибая молекулы грамицидина, которые потом подхватывались струей аргона и разгонялись до скорости в полкилометра в секунду. С этой скоростью молекулы и летели в мишень. Опыт показал, что длина волны грамицидина составляет 350 фемтометров, то есть 350×10^{15} м.)

Но и это еще не все! В том же самом году, в том же университете провели аналогичный опыт с гигантской молекулой, состоявшей из почти 2000 атомов! И она тоже предсказуемо оказалась волной.

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.