

Оглавление

Глава 1. Пустота атомов, эксперимент с двумя щелями и корпускулярно-волновой дуализм	4
Глава 2. Квант и постоянная Планка	11
Глава 3. Три мифа о квантовой механике	16
Глава 4. Квантовый коллапс волновой функции. Интерпретации квантовой механики.....	26
Глава 5. Многомировая интерпретация Хью Эверетта. Суперпозиция и уравнение Шредингера.....	33
Глава 6. Квантовый туннельный эффект	40
Глава 7. Принцип неопределенности Гейзенберга.....	43
Глава 8. Квантовая нелокальность и квантовая запутанность	49
Глава 9. Бозон Хиггса, бозон X17 и пятое фундаментальное взаимодействие.....	55
Глава 10. Тонкая настройка Вселенной. Квантовый эффект мультивселенной.....	61
Глава 11. Теория всего. Фрагмент энергии – как фундаментальный блок материи.....	68
Глава 12. Гравитации не существует. Эмерджентная гравитация ...	74
Глава 13. Эффект наблюдателя и «квантовое сознание»	82
Глава 14. Теория квантового нейрокомпьютинга, сознание человека	90
Глава 15. Иллюзия восприятия пространства	99
Глава 16. Теория прогнозирующего кодирования	107
Глава 17. Как мозг создает иллюзию стабильности изображения... ..	115
Глава 18. Информационные законы Вселенной. Случайно ли возникновение жизни?.....	121
Глава 19. Квантовые эффекты в биологии.....	130
Глава 20. Аргументы о смоделированной реальности.....	136
Глава 21. Вселенная – нейросеть. Теория Виталия Ванчурина.....	146
Глава 22. Голографическая Вселенная и пространство анти-де Ситтера.....	155
Глава 23. Гипотеза симуляции Вселенной может быть проверена. Эксперимент Мелвина Вупсона.....	163
Глава 24. Есть ли сознание у Искусственного интеллекта? Тайны разума нейросетей	171
Глава 25. Квантовая физика и восточная философия. Принцип дополнительности	183

Глава 1

Пустота атомов, эксперимент с двумя щелями и корпускулярно-волновой дуализм

Человека неподготовленного квантовая физика способна удивить и даже испугать с самого начала знакомства. Это достаточно странная и нелогичная наука, причем даже для самих ученых физиков, которые имеют с ней дело каждый день. Но именно она способна дать ответ на самые интригующие вопросы о Вселенной и изменить мир в ближайшее время.

Этот раздел физики изучает поведение самых маленьких вещей во Вселенной – субатомных частиц. При этом исследуемые объекты могут вести себя совершенно непредсказуемо, с проявлением загадочных квантовых эффектов.

Тем не менее, даже если ученые пока не полностью понимают происходящие процессы, они научились использовать квантовые законы для разработки новейших технологий. Благодаря квантовым эффектам были созданы лазеры, томографы, сверхчувствительные микроскопы, телефоны и планшеты, а также средства телекоммуникации, робототехника и искусственный интеллект.

А в ближайшем будущем нас, вероятно, ждет создание сверхпроизводительных машин – универсальных квантовых компьютеров, которые поэтично называют «Святым граалем» современной физики.

Квантовая физика – молодая наука, и основные ее теории были сформулированы только в начале XX века. Она

объединяет несколько подразделов, но принципиальную роль в ней играют явления квантовой механики и квантовой теории поля, а основные качества таких явлений – неопределенность и случайность.

Вот почему в квантовой физике существует множество парадоксов и труднообъяснимых событий, над которыми до сих пор бьются умы лучших физиков планеты. Чтобы в общих чертах понять, что собой представляет квантовая физика, стоит процитировать Нильса Бора (Niels Bohr), одного из разработчиков ее основ: «Тот, кто не шокирован квантовой механикой, просто еще не понял принцип ее работы» («Anyone who is not shocked by quantum theory has not understood it»).



Прототип квантового компьютера Google. Согласно заявлению компании – квантовый процессор Sycamore, оперирующий 54 квантовыми битами, за 200 секунд выполняет вычисление, которое у самого мощного компьютера заняло бы 10 тысяч лет. Фото: Erik Lucero/ Google

Пустота атомов

Сложно представить, но 99 целых и двенадцать девяток после запятой процентов атома – занимает пустое пространство, а размер его ядра настолько мал, что измеряется в фемтометрах (единица измерения, равная одной квадриллионной метра). К примеру, диаметр ядра атома гелия составляет 1,67824 фемтометров.

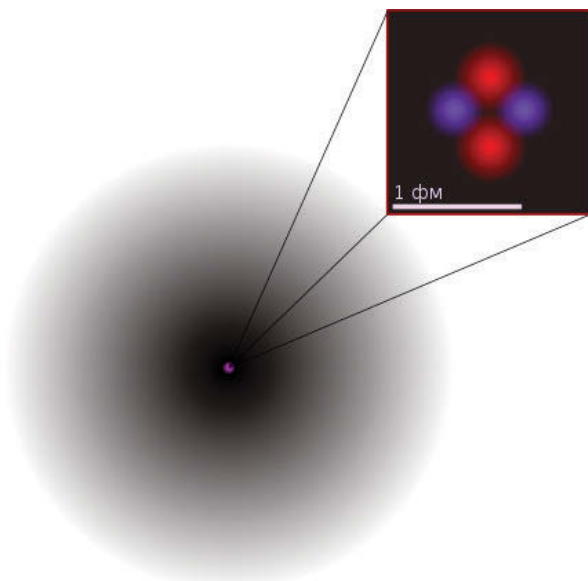
Из этого следует, что вся наша Вселенная почти на 100 % состоит из пустоты, и только около 1 % всей видимой материи – создает окружающий нас мир. Этот научный факт может заставить вас пересмотреть то, как мы воспринимаем реальность.

Промежуток между ядром атома и вращающимся вокруг него электронным облаком – фактически пуст. В качестве примера приведем сравнение: если увеличить ядро атома водорода до размеров баскетбольного мяча, то вращающийся вокруг него электрон будет находиться на расстоянии 30 километров, а все пространство между ними будет занято пустотой.

Но, в таком случае, если и наше тело, и предметы, окружающие нас, в большей степени состоят из пустого пространства, почему же мы можем их осязать? На самом деле, так называемая «твердость» предметов создается силами отталкивания или притяжения между атомами, похожими на силы, действующие между двумя поднесенными друг к другу магнитами. А наши руки и ноги на самом деле никогда и ни к чему не прикасаются, а всего лишь испытывают силу отталкивания, которая и создает ощущение твердости.

В это трудно поверить, но в реальности вы не касаетесь стула, на котором сидите, а скорее висите над ним, поскольку атомы вашего тела и стула отталкивают друг друга. В действительности наша реальность выглядит твердой и осязаемой за счет все заполняющего и колеблющегося

вокруг нас океана энергии, а не чего-то вещественного. Не только наше тело, но и все, что мы видим, чувствуем и с чем взаимодействуем, в сущности, состоит из пустоты.



1 ангстрем = 100 000 фм

Сравнительный размер атома гелия и его ядра. Изображение: Murkt

Эксперимент с двумя щелями

Самый известный парадокс квантовой физики – корпускулярно-волновой дуализм («корпускула» – мельчайшая частица материи), который условно можно назвать как «волночастица». Он состоит в том, что любой микрообъект, к примеру, фотон или электрон, может проявлять как материальные свойства частицы, обладающей собственной массой, так и свойства волны, способной беспрепятственно распространяться в пространстве. Но главное, что изменяются эти свойства в зависимости от того, имеется ли в прямом смысле наблюдатель за квантовым объектом.

Впервые такой дуализм или двойственность свойств обнаружился при исследованиях света во время опыта английского физика Томаса Юнга в 1803 году. В 1923 году французский ученый Луи де Бройль выдвинул гипотезу, что не только свет, но и элементарные частицы могут обладать корпускулярно-волновым дуализмом, а в 1961 году немецкий физик Клаус Йонссон провел эксперимент, подобный эксперименту Юнга по интерференции света, в котором использовал пучки электронов.

Это исследование подтвердило правильность положений квантовой механики о смешанной корпускулярно-волновой природе элементарных частиц, а проведенный опыт стал одним из самых удивительных в истории науки. Впоследствии, эксперимент был многократно повторен и проверен во множестве лабораторий мира, но его результаты остались неизменными.

Суть этого эксперимента состоит в том, что источник излучает поток электронов в сторону экрана-фотопластинки. На пути электронов установлена преграда – медная пластина с двумя щелями. Для простоты понимания представим, что вместо потока электронов мы стреляем маленькими шариками с краской в экран. А между экраном и пушкой с шариками установлена все та же медная пластина с двумя щелями.

Прежде, чем попасть в экран, шарики проходят через две щели в медной пластинке. По логике вещей, мы должны увидеть на экране два следа от шариков, соответствующие форме щелей на медной пластине. Но в действительности на экране появляется более сложный узор (интерференция) – множественные чередующиеся полосы от следов ударов шариков.

Дело в том, что при прохождении через щели, шарики-электроны начинают вести себя не как частицы, а как волны. Ровно такие же свойства демонстрируют и частицы света – фотоны, а также атомы и даже молекулы.

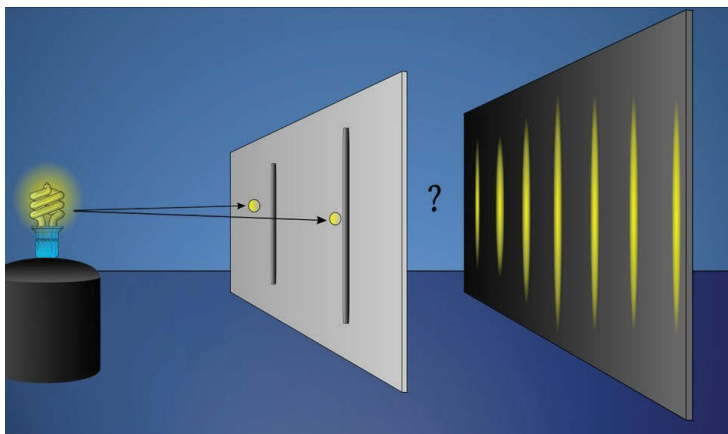


Иллюстрация эксперимента с двумя щелями.

Автор: Mohsen Paul Sarfarazi, Ph.D

Если мы изменим условия эксперимента и вместо потока шариков будем запускать их поодиночке, то и в этом случае электрон-шарик будет вести себя то как частица, обладающая массой, то как волна, и сможет одновременно пройти через обе щели, оставив на экране интерференционную картину – чередующийся узор из полос от ударов.

А теперь попробуем определить роль наблюдателя в этом эксперименте, ведь именно наблюдатель делает эту запутанную историю еще более невероятной. Когда эксперимент проводился без вмешательства посторонних глаз – электроны тут же оставляли интерференционный узор на фотоэкрane.

Но как только во время проведения эксперимента физики пытались точно зафиксировать, какую конкретно щель преодолел электрон – картина резко менялась и становилась «классической»: электроны как будто не желали открывать свою волновую природу бдительному оку наблюдателей. При этом на фотоэкрane ученые наблюдали две полосы, оставленные от ударов электронов, и расположенные строго напротив двух щелей медной пластины, безо всяких чередующихся полос.

Безусловно, это явление очень похоже на мистику, но есть и другое объяснение: наблюдение за системой не может осуществляться без физического влияния на нее. До настоящего времени специалисты не нашли строгого научного толкования, почему присутствие наблюдателя определяет судьбу системы и заставляет ее сделать выбор в пользу одного из возможных состояний. Почему при наблюдении за электроном – он становится частицей, а не наблюдаемый и не измеряемый электрон – способен проявлять волновые свойства.

Однако совершенно точно, экспериментально было доказано, что фактором, определяющим будет ли частица вести себя как частица или как волна, является наблюдение (измерение). Таким образом, свойства частицы не установлены заранее, они определяются в момент проведения измерения. Корпускулярно-волновой дуализм – является одним из фундаментальных принципов в квантовой механике.

Глава 2

Квант и постоянная Планка

Квантовая теория и квантовая механика – с некоторых пор эти понятия прочно вошли в нашу жизнь и стали привычными даже для тех, кто никак не связан с наукой. Поэтому совсем неудивительно, что даже школьник, несколько раз переворачивая флешку в безуспешных попытках вставить ее в USB-порт ноутбука – может остроумно пошутить, что неудачи связаны с «квантовой суперпозицией» носителя информации.

Квантовая физика радикально меняет наше представление о мире, показывая, что не только материя и физические поля являются его основой.

Перед человечеством, по сути, открываются все новые и новые горизонты, четко дающие понять, что все мы – лишь частицы огромной квантовой реальности. При этом прочное здание классической физики Ньютона, описывающей макроскопические объекты, в отношении субатомного микромира просто «трещит по швам».

Конечно же, большинство из вас слышали, что в квантовой механике существует огромное количество парадоксов и пугающе странных вещей, объяснить которые не в состоянии даже самые талантливые физики планеты. Кто-то уже знаком с таким «мистическим» явлением как квантовый дуализм, осведомлен о пустоте атомов, принципе неопределенности и многих других загадочных явлениях.

Но следует понимать, что квантовая физика, используемая для описания мельчайших объектов во Вселенной – это невероятно сложный, зачастую нелогичный и даже абсурдный раздел науки. Вот как о ней высказался выдающийся ученый, Нобелевский лауреат Ричард Фейнман (Richard Feynman): «Думаю, я смело могу сказать, что квантовой

механики никто не понимает» («I think I can safely say, that nobody understands quantum mechanics»).

И если уж разум выдающихся ученых поначалу отказывается постигать квантовую механику, то что делать не специалистам, которым также интересно узнать об удивительной науке будущего? Если вас действительно интересует квантовая физика, и вы хотите узнать о ней больше, то стоит начать с ее базовых понятий.

Квант

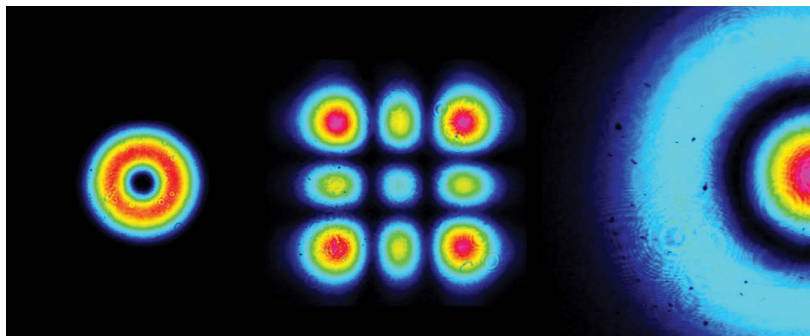
Для характеристики физических свойств совокупности частиц или, по-другому – квантовых систем, используется квант. Сам термин квант от латинского «quantum» («сколько») – обозначает неделимую порцию величины в физике, например, энергии или поля. Заметим, что применимо это понятие только к микромиру: может быть квант света и квант гравитационного поля, но не может быть кванта земли или дождя.

Вообще, нужно понимать, что идея квантовой физики состоит в изучении очень маленьких частиц, которые ведут себя по особым законам. Эти законы радикально отличаются от тех, к которым мы привыкли в макромире. В классической физике все объекты обладают конкретными свойствами, например, жесткостью или упругостью. Но поскольку в квантовой физике частицы умеют вести себя как волны, проходить сквозь стены, складываться и вычитаться между собой – то законы классической физики там не работают.

Да, да! Не пугайтесь, но принципы, заложенные в основу квантовой теории, настолько противоречат нашей логике, что даже самые гениальные умы человечества выбрасывали белый флаг в попытках дать им какое-либо разумное толкование.

Но вернемся к квантам. Понятие «квант» появилось в физике в 1900 году благодаря работам немецкого физика

Макса Планка. Он пытался теоретически описать излучение, испускаемое нагретыми телами – так называемое излучение «абсолютно черного тела». Как и большинство важнейших открытий, открытие кванта также было случайностью.

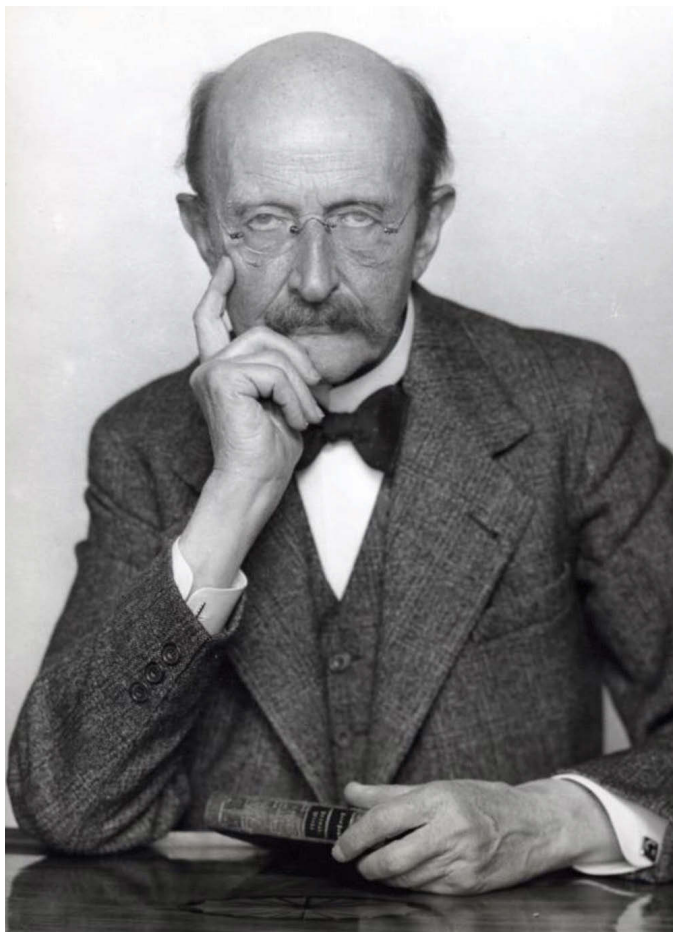


Квант электромагнитного излучения (света) – фотон. Снимок пучков фотонов, сделанный с помощью фоточувствительной ПЗС-матрицы.

ПЗС (CCD, charge-coupled device) – прибор, преобразующий энергию оптического излучения в электрический сигнал. Фото: Егор Ковлаков

Интересно, что ни Планк, ни немного позднее Эйнштейн, не понимали важности своих открытий и поначалу не признавали квантовую теорию. И на то была веская причина – новая теория нарушала законы классической физики. Тем не менее, впоследствии Эйнштейн стал первым физиком, заявившим, что открытие Планком порций светового излучения (названных со временем *постоянной Планка*) – потребует пересмотра существующих законов физики.

А Макс Планк, в результате проведенных исследований, действительно совершил революцию в физике. Он выяснил, что атомы излучают энергию не непрерывно, а дискретно – то есть отдельными порциями, которым он дал название кванты. Квант – это минимальная порция энергии, излучаемая или поглощаемая телом.



Макс Планк (Max Planck) – немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой физики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1918) и многих других наград

Так возникла квантовая теория света, в 1900 году ее сформулировал Планк, а в 1905 году обосновал Альберт Эйнштейн в своей работе о фотоэлектрическом эффекте, за которую, к слову, получил Нобелевскую премию в 1921 году.

Согласно теории, энергия кванта (E) равна частоте излучения атома (ν), умноженной на постоянную Планка (h).

В формуле

$$E = h\nu,$$

коэффициент h (элементарный квант действия) – является фундаментальной величиной в квантовой теории и присутствует во всех формулах и уравнениях квантовой механики.

Таким образом, чем больше частота электромагнитной волны (число ее колебаний) – тем больше энергии будет нести один квант, а любые электромагнитные взаимодействия – это обмен квантами соответствующей энергии. И благодаря пониманию дискретности или же «порционности» такого обмена на энергетических уровнях – человечеству удалось обуздать энергию атома и открыть невероятные перспективы для создания новых технологий. И в этом огромное значение квантовой теории Планка.

Глава 3.

Три мифа

о квантовой механике

Кот Шредингера

Квантовая механика, управляющая миром атомов и частиц, безусловно, имеет налет мистики. В отличие от других областей физики, эта теория настолько странная, что противоречит нашему интуитивному пониманию мира. Но именно это и делает ее такой интригующей и увлекательной.

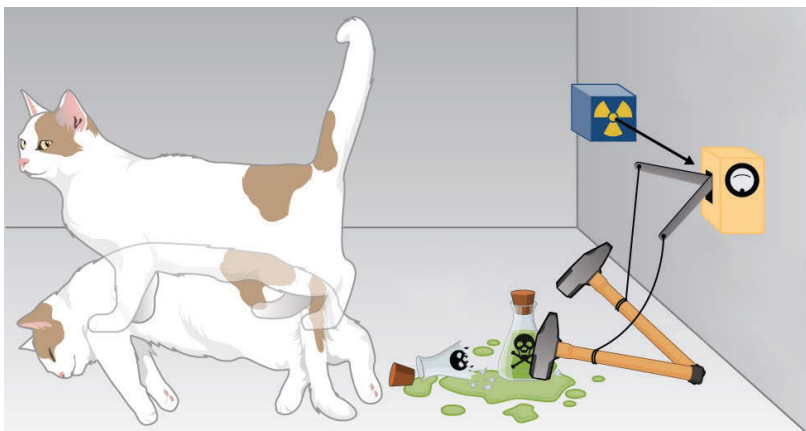
Вероятно, поэтому рассуждения о квантовой механике часто приводят к возникновению стойких мифов и заблуждений, причем возникают они не только в уютных беседах на интернет форумах, но и в научной фантастике и даже в средствах массовой информации.

Эрвин Шредингер, один из создателей квантовой механики, вряд ли мог предположить, что его эксперимент получит статус интернет-мема в XXI веке. А между тем, кот Шредингера, символизирующий некую двусмысленность, стал не просто мемом, но фактически героем массовой культуры.

Значение мема с несчастным котом, сидящим в коробке с выключателем, состоит в двусмысленности и абсурдности с точки зрения здравого смысла. В результате случайного события – радиоактивного распада атома, выключатель в коробке может сработать и тогда кот погибнет. А может и не сработать. Таким образом, несчастный кот находится в суперпозиции – в нескольких состояниях. Он может быть и живым, и мертвым одновременно, но пока мы не откроем коробку, мы не будем знать этого наверняка.

Тем не менее, в действительности никто не помещал бедного кота в коробку с выключателем. Или даже в сталь-

ной сейф, о котором на самом деле говорил Шредингер. К тому же, если быть совсем точным, то речь шла о кошке (нем. *die Katze*), а не о коте.



Мысленный эксперимент «Кошка Шредингера»: кошка, радиоактивный источник, подключенный к счетчику Гейгера и колба с ядом, помещенные в стальной ящик.

До момента наблюдения кошка находится в состоянии суперпозиции: она не жива и не мертва. Изображение: © OpenStax

Дело в том, что это был мысленный эксперимент, предложенный Шредингером в 1935 году при обсуждении физического смысла волновой функции, характеризующей состояние квантовой системы. С помощью него физик хотел показать неполноту квантовой механики при переходе от субатомных систем к макроскопическим. Этот процесс физики называют – *декогеренцией*.

В эксперименте с котом волновая функция системы, или проще говоря «волна вероятности», представляет собой абстрактное облако из множества частиц, каждая из которых имеет «скрытую» координату. То есть, фактически волновая функция выражает то, что и живой, и неживой кот, извините, смешаны или размазаны в одинаковых пропорциях.

Однако мы не можем считать, что находясь в суперпозиции, реальность действительно «размазана» в прост-

ранстве в соответствии с волновой функцией. Поэтому современный мем, хотя и не отражает истинный смысл эксперимента, зато абсолютно точно отражает абсурдность, на которую и указывал Шредингер.



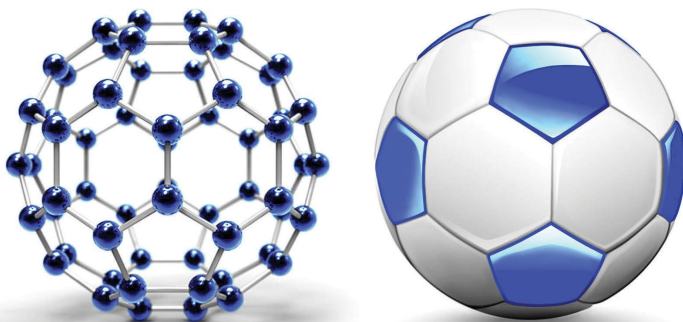
Фигурка кота в натуральную величину в саду города Цюрих (Швейцария).
В зависимости от условий освещения кот выглядит либо живым, либо мертвым.
Сад расположен по адресу Хуттенштрассе, 9.

В 1921–1926 годах здесь жил Эрвин Шредингер. Фото: Koogid

Если пойти еще дальше, то стоит заметить, что суперпозиция кота, возникающая в ходе эксперимента, не может быть применима к таким крупным системам, как кошка или человек. Так как квантовая когерентность или по-другому согласованность триллионов атомов, составляющих кошку, чрезвычайно недолговечна. Хотя, это не означает, что квантовая когерентность невозможна в биологических системах в принципе.

Ученые давно знают, что даже большие молекулы могут находиться в суперпозиции, то есть пребывать в разных

местах одновременно в виде «волн вероятности». Известный эксперимент австрийского физика Антона Цайлингера (лауреат Нобелевской премии по физике 2022 года) еще в 1999 году продемонстрировал квантовую суперпозицию с большими молекулами углерода-60, которые также называют *фуллерены* или «бакиболы» (Buckyball).



Фуллерены – молекулярные соединения в виде симметричных многогранников из четного числа атомов углерода. Самая распространенная молекула C_{60} – состоит из шестидесяти атомов углерода, по виду она схожа с футбольным мячом, отсюда название бакибол (buckyball). Молекула C_{60} была обнаружена в планетарных туманностях и нескольких типах звезд. Иллюстрация: Eva Sarett

В настоящее время такие опыты проводятся уже с поистине гигантскими молекулами. Например, в 2019 году международная команда исследователей из Австрии, Германии, Швейцарии и Китая – провела беспрецедентный эксперимент, заставив пребывать в квантовой суперпозиции молекулу, состоящую из 2000 атомов. С точки зрения классической физики такое состояние невозможно. Причем ученые не собираются останавливаться на достигнутом и планируют значительно увеличить массу объектов в будущих экспериментах.

Квантовая запутанность и принцип нелокальности

Следующее заблуждение связано, пожалуй, с самым «жутким» явлением в квантовой физике – квантовой запутанностью (quantum entanglement). Если говорить максимально простым языком – это квантовое свойство, связывающее две разные частицы. Даже если одна из них находится на Земле, а вторая на другом конце Вселенной – при измерении одной из них, вы автоматически и мгновенно узнаете состояние другой.

Альберт Эйнштейн называл этот феномен «жутким дальнодействием» (англ. «Spooky action at a distance»), так как взаимодействие между объектами, расположенными на огромных расстояниях друг от друга, не может распространяться быстрее скорости света.

Мир вокруг нас традиционно локален, и все мы знаем, что для изменения свойств конкретного объекта, он должен провзаимодействовать с другим объектом. Но в явлении квантовой запутанности работает противоположный принцип – нелокальности, иначе невозможно представить, каким образом одна из частиц может мгновенно узнать, что измерили квантово сцепленного с ней партнера, находящегося, к примеру, за миллионы световых лет от нее.

К сожалению, популярные объяснения этого явления не всегда точны. Чаще всего они дополнены шуточными аллегориями и связаны с предметами из нашего классического макроскопического мира. Такими, как карточки в конвертах или даже носки разных цветов.

Кстати, о носках разных цветов – «Носках Бертлмана», часто использующихся в качестве примера для объяснения квантовой запутанности. Доктор Рейнхольд Бертлманн (Reinhold Bertlmann) – это реально существующий человек, профессор физики Венского Университета и автор учеб-

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru