

УСЛОВИЯ НАБЛЮДАЕМОСТИ МИРА И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Вилесов Ю. Ф., кандидат технических наук

Лазарев Ф. В. доктор философских наук, профессор

В начале нашего века произошла революция в физике, повлекшая за собой революционные изменения взглядов на природу и в философии. Однако насколько сильно отличаются новые представления, возникшие в ходе создания квантовой и релятивистской механики, и взгляды на мир с точки зрения простого здравого смысла? Можно ли считать представления квантовой механики более удаленными от обыденной практики, чем взгляды классической физики? Для ответов на эти вопросы целесообразно рассмотреть условия, при которых окружающий нас мир может быть наблюдаем, и к каким физическим представлениям должны приводить эти требования наблюдаемости.

Единственным источником информации для нас являются наши органы чувств. Поэтому рассмотрению подлежит только информация, полученная через органы чувств (непосредственно, или через приборы), или задавать и рассматривать можно только те вопросы, которые, по определению Гейзенберга, можно задать экспериментально. Все существующее в нашем мире должно воздействовать на органы чувств и мир должен быть наблюдаемым.

При постановке вопроса о существовании объекта одновременно ставится вопрос о его принципиальной наблюдаемости. Существует только то, что непосредственно или косвенно наблюдаемо, либо участвует во взаимодействиях, которые наблюдаемы. Нельзя говорить о существовании вещей, которые мы не наблюдаем, и о которых не имеем ни малейшего представления, так как нет никакой возможности проверить высказанные тезисы, и на основе фактов доказать правильность высказываний.

Универсум может содержать мир, наблюдаемый посредством наших органов чувств, и множество миров, не воздействующих на наши органы чувств. Понятие бытия вещи и понятие о его существовании целесообразно разграничить. В дальнейшем мы ограничимся рассмотрением существования объектов в наблюдаемом нами мире.

Требование наблюдаемости, требование воздействия на органы чувств, предполагает наличие у наблюдаемых объектов способности *взаимодействовать*. Наблюдается только то, что участвует во взаимодействиях, воздействует прямо или косвенно на органы чувств.

Вторым важнейшим условием наблюдаемости и существования является *отличие*. Объект, который существует и должен наблюдаться, должен отличаться, выделяться, обладать некоторой индивидуальностью свойств. Объект должен отличаться по своим свойствам либо от окружающих объектов, либо от среды, в которой он существует. В частности, частица должна отличаться от вакуума, если она находится в вакууме, либо от других частиц, если она находится в системе частиц. Должны быть критерии, характеристики, которые определяли бы отличие конкретной частицы от других, либо

отличие частицы от вакуума. Частица должна отличаться от вакуума, в противном случае частица не существует. Объекты, не обладающие индивидуальностью свойств, не отличающиеся от других, наблюдаться не могут, и, следовательно, не существуют. Не существует, например, “рисунка”, нарисованного на гладкой поверхности стола без соприкосновения с этим столом, поскольку “рисунок” ничем не отличается от поверхности стола, и стол с “рисунком” взаимодействует с другими объектами так же, как без него. Никакой объективный эксперимент не обнаружит этого “рисунка”. (Если эксперимент обнаружит “рисунок”, то это будет означать наличие отличия во взаимодействиях, обусловленных этим “рисунком”).

При отсутствии отличия для наблюдателя или информационной системы становится безразличным, объект это или среда. Для того, чтобы наблюдаться, объект должен с чем-нибудь сравниваться, он должен отличаться хотя бы одним своим свойством от других объектов или среды. Например, строение клетки живого организма практически невозможно наблюдать путем простого освещения, так как ее ткани имеют практически один показатель преломления и коэффициент поглощения света, и детали строения клетки просто не видны. Однако различные структурные компоненты клетки имеют различие в своих химических свойствах, что дает возможность выборочной окраски и наблюдения.

Для возникновения возможности наблюдения также необходимо наличие хотя бы одного *общего свойства*. Невозможно сравнивать вещи, не имеющие ни одного общего свойства. Невозможно измерять протяженность объекта с помощью линейки, не имеющей длины, бессмысленно выяснять, что ярче- звук или химическая активность кислоты. Так, для возникновения возможности наблюдения клетки, необходимо наличие общего свойства взаимодействовать с излучением электромагнитной природы. Наблюдаться может только то, что отличается, и одновременно имеет хотя бы одно сходство.

В принципе возможно существование двух или нескольких Вселенных в одном объеме пространства, в каждой из которых существуют объекты, наблюдаемые лишь в своей Вселенной. Все объекты одной Вселенной имеют хотя бы одно общее свойство и, следовательно, существуют в данной Вселенной. Но они не имеют общих свойств с объектами других Вселенных и не существуют в них. Например, все объекты нашей Вселенной в той или иной степени участвуют в трех фундаментальных взаимодействиях (гравитационном, электро-слабом или сильном). Если объект не участвует ни в одном из этих взаимодействий, то наблюдать его практически невозможно (если не существует неизвестного на данный момент взаимодействия).

Способность взаимодействовать предполагает *изменчивость* взаимодействующих объектов. В процессе взаимодействия происходит обмен энергией между взаимодействующими объектами и изменение их состояний. Если бы взаимодействие не изменяло состояние наблюдателя и объекта, то

либо нарушался бы закон сохранения энергии, либо не происходило самого взаимодействия как физического процесса.

Здесь мы столкнулись с основным противоречием между квантовой и релятивистской механикой. В классической физике и теории относительности влиянием процесса наблюдения на состояние наблюдаемого объекта пренебрегают. Основным постулатом теории относительности является независимость физических явлений от выбора инерциальных систем координат, или от способа описания явления. Наблюдатель "привязывается" к системе отсчета. Выбор системы отсчета влияет на характеристики системы отсчета (например, изменяется длина, временной промежуток, понятие одновременности событий, величины полей), но не влияет на протекание физических явлений, не изменяет состояние наблюдаемых объектов. В квантовой механике процесс наблюдения изменяет состояние и наблюдателя, и наблюдаемого объекта [1]. Как видим, квантовая механика гораздо ближе к здравому смыслу, чем классическая и релятивистская механики.

Необходимость отличия и необходимость наличия общих свойств предполагают также наличие *постоянных свойств* у объекта. Если объект существует, если он наблюдаем, то должны быть свойства, которые сохраняются, которые позволяют идентифицировать объект, отличать его от неobjекта. Наблюдение без наличия постоянных свойств у объекта и в окружении наблюдателя невозможно. Любой объект наблюдается на фоне чего-то неизменного, сравнивается с другим объектом, который можно считать постоянным, либо сам объект неизменен, и меняется окружение объекта. Например, лягушка видит только движущиеся предметы и не видит неподвижные. Т.е. сами постоянные объекты могут и не фиксироваться органами чувств непосредственно, а быть фоном, на котором наблюдается объект, некоторой привязкой объекта, например, системой отсчета.

Для измерения чего либо должен быть эталон, при сравнении с которым производится измерение. Например для измерения длины необходим эталон метра, или, если он отсутствует, какойнибудь другой эталон, как в мультфильме "тридцать восемь попугаев" для измерения длины удава служит попугай. Для проведения измерения необходимо наличие не только различия между объектами, но и наличие общих свойств. При измерении длины общим свойством является наличие такой характеристики как длина, различие - в пространственных координатах. Т.е. для того, чтобы что-то измерить, между эталоном и измеряемым объектом должно быть как тождество хотя бы в одной характеристике, так и различие как минимум в одной характеристике.

Из критерия общности следует, что если объект обладает постоянными свойствами, то и наблюдатель должен ими обладать. Т.е. постоянство свойств обусловлено как условиями возможности наблюдения, так и общностью свойств. Наблюдаемые объекты должны одновременно обладать свойствами *общности* и *различия*, быть *постоянными* и *изменчивыми*. Существовать может только то, что обладает двойственной природой: постоянством и изменчивостью. Причем Вселенная должна со-

держат как минимум два объекта, например частицу и вакуум, иначе приведенные выше рассуждения о существовании, наблюдаемости и отличии бессмысленны.

Проиллюстрируем двойственность свойств существующего на примере кристалла, в котором могут быть дефекты, обусловленные отсутствием в узле кристаллической решетки иона, либо наличием лишнего иона между узлами. Причем речь идет об ионах одного и того же химического элемента, и регистрироваться будет именно дефект кристаллической структуры, а не ион. Наличие или отсутствие дефекта можно определить, например, просвечивая кристалл излучением, прозрачным для бездефектного кристалла. Если на неоднородностях, обусловленных дефектами, свет рассеивается, то дефекты существуют, если рассеяния нет, то нет и дефектов. Т.е. дефекты взаимодействуют, следовательно, существуют. Отличие дефекта (или дефектной области) от недефекта (бездефектной области кристалла) выражается в нарушении симметрии кристалла. Дефектная область обладает другой симметрией по сравнению с бездефектной, следовательно, отличается от нее, следовательно, может взаимодействовать, следовательно, существует. Границу кристалла и окружающей среды также можно считать дефектом: в этом случае, если наблюдатель локализован внутри кристалла, то наблюдается и существует окружающая кристалл среда, если вне его, то в окружающей среде существует кристалл.

Каким образом совместить взаимоисключающие требования к существующему: быть постоянным и изменчивым. Дело в том, что постоянство свойств имеет смысл стабильности. Например, в процессе роста кристалла происходит присоединение к кристаллу ионов, симметрия которых совпадает с симметрией ионов кристалла (включая размеры ионов) и отталкивание прочих ионов и частиц. В процессе многократной кристаллизации - растворения совершенство кристалла не ухудшается, а, наоборот, улучшается. Таким образом, различие в симметрии между кристаллом и окружающей средой (раствором) позволяет кристаллу существовать и сохраняться несмотря на огромные изменения в окружении кристалла. Кристалл от некристалла отличается симметрией. Отличие в симметрии является не только условием наблюдаемости, но и сохранения. Различие в симметрии позволяет провести четкую грань между кристаллом и некристаллом. В процессе существования кристалла (например, в моменты его роста и растворения) происходит повышение упорядоченности вещества в отличие от уменьшения упорядоченности во всем окружающем мире. В локальной системе кристалла в процессе циклической рекристаллизации происходит очищение кристалла от примесей и локальное понижение энтропии с локальным нарушением второго начала термодинамики. Причем в процессе рекристаллизации состав конкретных ионов кристалла может сильно измениться, а сохраняется только его структура.

Проиллюстрируем условия существования на примере элементарных частиц. Частицу можно охарактеризовать зарядом, массой покоя, спином, координатой, скоростью и некоторыми другими параметрами, которые пока можно не рассматривать.

Наиболее труден для обывденного понимания спин частицы. Спин частицы дает нам сведения о том, как выглядит эта частица, если смотреть на нее с разных сторон [2]. Частица со спином 0 похожа на точку – она со всех сторон выглядит одинаково. Частицу со спином 1 можно сравнить со стрелой – с разных сторон она выглядит по разному и принимает прежний вид лишь после полного оборота на 360° . (Рис. 1). Частицу со спином 2 можно сравнить со стрелой, заточенной с обеих сторон – любое ее положение повторяется после поворота на 180° . Аналогичным образом частица с более высоким спином возвращается в первоначальное состояние при повороте на еще меньшую часть полного оборота. Однако существуют частицы, которые после полного оборота не принимают прежний вид – их нужно дважды полностью повернуть. Такие частицы обладают спином $1/2$. Схематично такую частицу можно представить как стрелку, имеющую разный цвет сверху и снизу. При повороте на один оборот вокруг вертикальной оси она поворачивается на пополюборота вокруг собственной и изменяет свой цвет. При следующем обороте она повернется еще на пополюборота и возвратится в первоначальное положение.

Все известные частицы во Вселенной можно разделить на две группы: частицы со спином $1/2$, из которых состоит вещество во Вселенной, и частицы со спином 0, 1, 2, которые создают силы между частицами вещества.

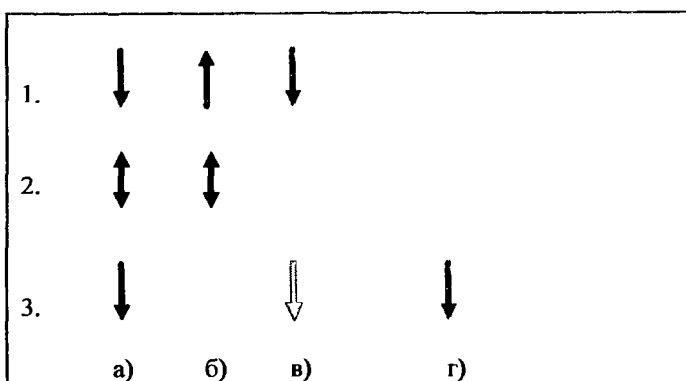


Рис. 1. Схематическое представление спина частицы через поворот вокруг оси.

- 1 - частица со спином, равным 1;
- 2 - частица со спином, равным 2;
- 3 - частица со спином, равным $1/2$;
- а) - исходное состояние;
- б) - поворот на 180° вокруг горизонтальной оси;
- в) - поворот на 360° вокруг горизонтальной оси;
- г) - поворот на 720° вокруг горизонтальной оси;

Одинокая частица в вакууме существовать может, поскольку из-за наличия спина она отличается своей симметрией от вакуума. Для существования двух или более частиц в квантовой системе необходимо, чтобы частицы отличались хотя бы одной своей характеристикой. Если две одинаковые частицы имеют одинаковые координаты, скорости и спин, то они не могут существовать.

Рассмотрим более подробно последнее утверждение. Обе частицы по отдельности отличаются от вакуума и могут существовать по отдельности. Однако если частицы полностью идентичны, имеют полностью совпадающие характеристики, становится невозможным отделить частицу от нечастицы, идентифицировать ее.

Если обе частицы полностью одинаковы, нельзя ответить, где из них которая. Тожественные частицы можно менять друг с другом, поскольку эксперимент не обнаружит такой замены. Частица одновременно является сама собой и второй частицей. Эти частицы не могут взаимодействовать друг с другом, поскольку если они провзаимодействуют, они должны будут получить отличие друг от друга и перестанут быть одинаковыми.

Так, если электрон, находящийся на Альфа Центавра, ничем не отличается от электрона на Земле и от электрона в соседней галактике, то замена земного электрона на электрон в Альфа Центавра или на электрон в соседней галактике ничего в природе не изменит. Если земной электрон провзаимодействует, изменит свои характеристики, то, естественно, изменит свои характеристики и электрон на Альфа Центавра, с которым он поменялся, и, вообще говоря, все электроны Вселенной. Т.е. если все электроны тождественны друг другу, и при замене одного электрона на другой в природе ничего не меняется, то взаимодействие с конкретным электроном становится невозможным. Взаимодействие с конкретным электроном означает одновременное взаимодействие с тождественным ему. Следовательно, тождественные частицы не могут существовать. Попарно или в большем числе могут существовать только антитожественные частицы, которые должны отличаться хотя бы одной характеристикой, и замена которых друг на друга изменяет состояние изучаемой системы.

Из приведенных рассуждений вытекает принцип запрета Паули. Две или более частиц с полуцелым спином не могут существовать в одном состоянии, принцип суперпозиции для них неприменим. Частицы с целым спином, которые передают взаимодействия, подчиняются принципу суперпозиции. Эти частицы не отличаются своей симметрией от вакуума и вследствие этого не могут существовать в "чистом" вакууме. Однако они существуют только потому, что имеют свойство взаимодействовать с частицами с полуцелым спином и отличаются от них. Невозможно провести эксперимент без частиц с полуцелым спином, который показал бы наличие частиц с целым спином.

Рассмотрим стабильность существования элементарных частиц. Будем считать, что все частицы являются возбужденными состояниями вакуума. Вакуум представляет собой плотно упакованную структуру, все энергетические уровни которой заполнены частицами (такое представление о вакууме стало господствующим с 50-х годов нашего столетия [3]). При возбуждении вакуума частица выбивается со своего энергетического уровня и появляется свободная частица. В вакууме на месте ушедшей частицы появляется вакансия - дырка. Дырку можно считать античастицей. Частица и античастица возникают одновременно и парой. Если частица займет вакантное место в вакууме, то она исчезнет вместе с античастицей – произойдет аннигиляция.

Поскольку вакуум (окружающее нас пространство) обладает спином равным 1, а частицы спином $1/2$, то они существуют, поскольку отличаются своей симметрией. Частица не может исчезнуть, погибнуть, быть поглощенной вакуумом, потому что частица и вакуум обладают разной симметрией.

Частица может быть поглощена или уничтожена только другой частицей или античастицей, обладающей такой же симметрией (спином).

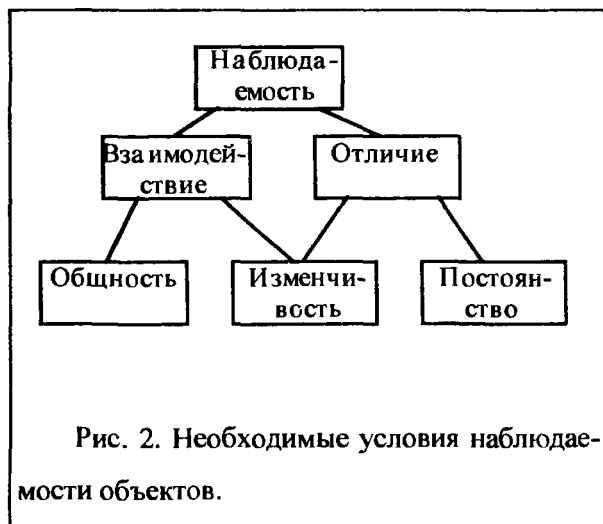
Элементарные частицы в модели вакуума представляют собой возбужденные состояния вакуума, локальное изменение его структуры, симметрии. Непосредственно наблюдаются не сами составные элементы вакуума, как считал первоначально Дирак (частицы, из которых состоит вакуум), а локальное изменение структуры этих элементов вакуума. Тем более, что частицы, считавшиеся элементарными в момент выдвижения гипотезы, не считаются элементарными по современным представлениям.

По аналогии рассмотрим вопрос о возможности самопроизвольного зарождения, сохранения и развития жизни. Для того, чтобы сохраниться, не быть поглощенным окружающей средой, живая материя должна отличаться своей симметрией от неживой. Например, обладать осью симметрии пятого порядка, которой нет в неживой природе. Американские ученые, исследовавшие глины, нашли в неживой природе структуры, способные по аналогии с кристаллами притягивать "живое вещество" и отталкивать неживое. Органическое вещество осаждается на поверхности глины, неорганическое нет. Симметрия исследованных глин такова, что концентрация органических веществ на их поверхности на несколько порядков превышает концентрацию в окружающем пространстве. В результате повышения концентрации скорость биохимических реакций значительно возрастает. Получившаяся структура из глины в качестве скелета и органического вещества относительно стабильна во времени и имеет возможность обмена органическим веществом с окружающей средой. В качестве прообраза живой клетки она гораздо стабильнее капли органического вещества. Если жизнь на Земле зародилась самопроизвольно, то она зародилась на поверхности неорганических структур, аналогичных описанным глинам.

Все живые молекулы на Земле закручены как левовращающиеся спирали и этим отличаются от неживых органических веществ, где право и левовращающиеся молекулы распределены почти поровну. Сохранение жизни означает не сохранение вещества организма, а сохранение его структуры.

Попытаемся подвести итог всему, сказанному выше. Мы рассматриваем только тот мир, который наблюдаем, и признаем существование в этом мире только тех объектов, которые могут наблюдаться непосредственно органами чувств, или косвенно, с помощью приборов. Каковы же должны быть свойства объектов, которые мы можем наблюдать? Необходимыми условиями возможности наблюдения являются способность объектов: 1) *взаимодействовать*, и необходимость наличия: 2) *отличия* объекта от других объектов или окружающей среды. Взаимодействие возможно только в том случае, если имеется: 3) *общность* свойств и 4) *изменчивость* объектов. Если провзаимодействовавшие объекты не отличаются от непровзаимодействовавших, то такое взаимодействие ненаблюдаемо и, следовательно, не существует в наблюдаемом нами мире. Отличие предполагает: 5) *посто-*

яство свойств у наблюдаемых объектов и изменчивость (Рис. 2). Объект должен быть тождественным самому себе, поэтому должен обладать постоянными свойствами. Если постоянные свойства отсутствуют, его невозможно идентифицировать, органы чувств наблюдателя не смогут отличить один хаос от другого. Отсутствие изменчивых свойств сделает невозможным отличие.



Как видим, наблюдаемый мир должен обладать противоположными, на первый взгляд взаимоисключающими, свойствами: общностью и различием, изменчивостью и постоянством.

Какими же свойствами должен обладать наблюдаемый мир исходя из приведенного выше анализа и схемы? Во-первых, наблюдаемый мир не может быть детерминистским. Это связано с тем (как утверждает квантовая механика), что процесс наблюдения изменяет состояние наблюдаемого объекта и невозможно экспериментально одновременно

точно измерить все характеристики объекта. Поэтому о любом событии можно говорить, что оно произойдет с некоторой вероятностью. Задачей квантовой механики является определить эту вероятность.

Однако, даже если влиянием наблюдения на изучаемый процесс пренебречь, и точно определить все параметры объекта, все равно строго закономерный мир не наблюдаем. Если мир описывается системой уравнений, которая позволяет определить состояние этого мира в любой момент времени, то от чего должна отличаться эта система уравнений, для того, чтобы мир был наблюдаем, что должно в этом мире измениться? Каким образом определить направление изменения времени? В мире, где все наперед задано и наперед известно, ничего не происходит. Наблюдать такой мир живому существу нет возможности и не имеет никакого смысла.

В мире, где все изменчиво, где нет ничего постоянного, где господствует хаос, наблюдение также невозможно. Живой организм не способен отличить один хаос от другого. Органы чувств воспринимают не информацию, а сигналы из окружающего мира. Информация возникает в мозгу при раскодировке полученных через органы чувств сигналов. В мозгу наблюдателя имеется раскодирующая система, некоторая интерпретационная матрица, позволяющая раскодировать сигналы. Если все в мире меняется и нет ничего постоянного, то такая раскодирующая система просто не сможет возникнуть, а если возникнет, то сразу же окажется устаревшей, бесполезной. Мир должен быть таким, чтобы в нем смог появиться и развиваться человек (антропный принцип).

Как видим, наблюдаемый мир не может быть строго закономерным и не может быть хаотичным. Мир должен содержать постоянные элементы и изменчивые элементы.

Как устранить противоречие между требованием постоянства и изменчивости, каким образом должны быть взаимосвязаны постоянные и переменные элементы, для того чтобы это противоречие исчезло? Если, например, невозможно точно определить основные наблюдаемые характеристики частицы - координату и импульс, то каким образом определить постоянные характеристики частицы, каким образом определить, есть ли вообще постоянные характеристики у частицы, а, следовательно, существует ли она? Выход из противоречия в том, что должна быть строгая взаимосвязь между параметрами, которыми оперирует наблюдатель, и параметрами объекта. Должна существовать взаимосвязь между "чувственным" и "умопостигаемым", между изменчивым и неизменным. Если изменчивые параметры связаны с неизменными некоторым соотношением, дающим постоянную величину, противоречие между этими требованиями будет устранено.

Если иметь в виду конкретного наблюдателя, то все существующее он способен воспринимать в пространстве в виде некоторых сил (взаимодействий, воздействий на органы чувств). Если предельно упростить описание, то можно считать, что он способен воспринимать некоторые воздействия, например звуковые, световые, осязательные и т.д. из определенных точек пространства. Весь окружающий мир человек способен описать с помощью импульса и координаты. Так вот, все существующее должно взаимодействовать и изменять свои импульс и координату. Должна быть взаимосвязь между импульсом и координатой, с помощью которых человек наблюдает и воспринимает объект, и внутренней характеристикой объекта. Должна быть операция над импульсом и координатой, которая дает величину, характеризующую состояние частицы, и это состояние должно быть неизменным, независимым от наблюдателя. Необходимо найти такое соотношение между координатой и импульсом, которое равно постоянной величине. Мы получаем необходимость наличия в наблюдаемом мире соотношения, аналогичного соотношению неопределенностей Гейзенберга, хотя сам вид этого соотношения из наших рассуждений не следует (то, что постоянной величиной является их произведение, равное постоянной Планка или нескольким постоянным Планка. При изменении состояния частицы произведение координаты на импульс может изменяться только на целое число постоянных Планка).

Соотношение неопределенностей объединяет Парменидовское "бытие есть, небытия не существует" с Гераклитовским "все течет, все изменяется". Состояние частицы постоянно, неизменно, но эта неизменность может проявляться в форме совокупности, соотношения изменчивых характеристик.

Как видим, простейшие рассуждения о возможности наблюдения приводят нас к необходимости наличия в наблюдаемом мире таких важных законов природы, как принцип запрета Паули и соотношение неопределенностей Гейзенберга, несмотря на то, что эти законы противоречат представлениям

классической физики, не вписываются в нее. Квантовая механика гораздо ближе к простому здравому смыслу, чем классическая, хотя научная общественность привыкла к противоположному мнению.

Литература.

1. Бор Н. Атомная физика и человеческое познание М. 1961.
2. Хокинг С. Вселенная от большого взрыва до черных дыр. М. "Мир" 1989 г.
3. Протодьяконов М.М., Герловин И.Л. Электронное строение и физические свойства кристаллов. М, "Наука" 1975, с. 5-118.