

Принципы неопределенности в квантовой механике и не только.

Владислав Миркин, ктн.

В работе показано, что принцип неопределенности, который почти всеми физиками воспринимается как некое божественное свойство материи, на самом деле является всего лишь результатом статистической обработки экспериментальных данных, и точно такие же принципы могут быть получены для любых статистических характеристик.

Принцип неопределенности Гейзенберга сформулирован в 1927 году, и вот уже порядка 87 лет никто не понимает его физического смысла. Наверное, я сейчас обижу всех специалистов в квантовой механике, но все их рассуждения о свойствах соотношения неопределенностей никоим образом нельзя интерпретировать, как понимание физического смысла, хотя бы потому, что все они строятся на принципе дополнительности, то есть, на фантастическом предположении, что частица обладает одновременно и свойствами волны. Любой принцип в науке, в том числе, и принцип дополнительности, всегда является условным договором ученых в ситуации, когда истинный характер взаимодействия физических элементов пока неизвестен.

Здесь важно однозначно установить, что же означает термин «понимание». Понимать — это уметь объяснить происходящее конечным числом слов, опираясь на уже известные истины. Поскольку в этом плане квантовая механика не вписывается в общепринятую цепочку развития знаний, а опирается на некое несвойственное нашему пониманию природы взаимодействие (кстати, при этом нарушается еще один принцип: любые материальные объекты вне зависимости от масштабов событий взаимодействуют одинаковым образом), то можно сделать вывод, что ученые, занимающиеся квантовой механикой, не понимают ее. И, когда Р.Фейнман, один из выдающихся ученых-физиков, говорит, что он не понимает, как все происходит, то я ему верю. А вот тем, кто утверждает обратное (к сожалению, это часто представители российской школы), не верю, поскольку они не объясняют ситуацию конечным числом слов и ссылаются на законы, не свойственные нашему восприятию действительности. Их утверждения, что в микромире все не так, как в макромире, выглядят как обыкновенные заклинания.

Поскольку за все годы существования квантовой механики никто не смог «вынуть из кармана» такую двуединую частицу и «положить ее на стол» перед всеми остальными, а все попытки что-то экспериментально сделать только запутывают ситуацию (см. например, [1], мистическим представлениям которой я постарался придать реалистическое понимание в работе [2]), то, может быть, пора уже от религиозного восприятия физики микромира перейти к реальной ее

интерпретации. И здесь можно начать с оценки понятия принципа неопределенности.

Мне кажется (я прошу прощения, что в своих работах я говорю от своего имени, но мне хочется самому нести ответственность за свои слова, а не перекладывать ее, как это принято в научной литературе, на некую группу людей, которые якобы думают так же, как и авторы статей), что принцип неопределенности является понятием не только свойственным микромиру, но и всем процессам (физическим и не совсем физическим), описываемым статистическими закономерностями. Я уже показал в работе [3], что принцип неопределенности в виде $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar/2$ свойственен всем ситуациям, когда «частица» преодолевает потенциальный барьер переменной величины (кавычки потому, что это относится не только к явлениям микромира). То есть, если вы имеете «забор» с переменной во времени высотой, то мячик, который вы бросили в сторону забора, может преодолеть этот забор, даже если он летит на высоте меньшей, чем максимальная высота забора. Поскольку здесь нет элементов, которые бы не вписывались в материалистическое понимание природы (что там за забор, вполне можно себе представить), то такой путь в понимании взаимодействий в микромире вполне допустим. Выше проложена тропинка от микромира к макромиру, а возможен и обратный путь.

Давайте для начала представим себе мишень с полями от нуля до десяти, в которой вероятность попадания в любое из полей одинакова и равна $p=1/11$. Количество выстрелов пусть будет **110**. Очевидно, что математическое ожидание будет равно **5,5**, но, поскольку на мишени нет поля с таким номером, то оно может быть либо равно **5**, либо **6** (но можно было бы разграфить поля с шагом **0,1**). Надо сразу сказать, что все это не имеет для нас существенного значения, поскольку существенным является то, что имеется некое минимальное число, на которое может отличаться текущий результат выстрела и математическое ожидание. И равно это число **1/110**. Конечно, можно было бы предположить, что после **55**-ого выстрела все пули попадали бы в поле номер **5**, а тогда минимальное число было бы равно сначала **1/55**, а потом нулю. Но тогда все это противоречило бы принципу равной вероятности результатов выстрелов, то есть, противоречило бы реальности.

Если выстрелов будет **1100**, то минимальное число окажется равным **1/1100**, и так далее. Если количество выстрелов будет равно **10⁸**, то минимальное число окажется порядка **1/10⁸**. Другими словами, если мы имеем мишень, в которой поля обозначены конечными числами натурального ряда с шагом, равным единице, то минимальная разница между текущим значением результата выстрела и математическим ожиданием будет равна единице, деленной на количество выстрелов. То есть, точнее, чем это число, вы не сможете предсказать результат последующего выстрела. Это и есть принцип неопределенности при стрельбе по мишени.

Как видно из предыдущего рассуждения, такие же принципы реализуются во всех случаях, описываемых статистическими закономерностями, когда результаты

принимают дискретные значения. Именно это и позволило мне в заглавии использовать слово «принципы» во множественном числе.

Хочу остановиться еще на одном качестве статистических вычислений, не связанных с квантовой механикой. Я уже писал в [2] о том, что значения средней скорости машины и среднего расхода бензина сильно варьируются после подключения нового аккумулятора, а затем по мере набора новых значений расхода и скорости (то есть, удлинения выборки) отклонения указанных величин от некоего среднего значения практически сводятся к нулю. Но есть и еще один показатель: компьютер машины высчитывает приблизительный возможный пробег машины при том количестве топлива, которое имеется в баке. Как я уже говорил в указанной работе, среднее значение расхода бензина за несколько месяцев работы достигает величины порядка 20 миль на галлон и в течение многих месяцев после этого не изменяется даже на одну десятую. То есть, если изменение и происходит, то не более, чем на 1%. Но вот каждый день после заправки бензином компьютер показывает, что бензина хватит либо на 290, либо на 340 миль, хотя каждый раз я заливаю его в бак до самого предела (50 миль разницы — это почти 2,5 галлона, то есть, практически десять литров; такую разницу перелить, или недолить невозможно). Получается разброс значений порядка 15%, и это в ситуации, когда среднее значение изменяется меньше, чем на 1%. Как такое возможно?

На самом деле все весьма просто. Бывают жаркие дни, когда постоянно работает кондиционер, и расход бензина существенно возрастает. И бывают дни прохладные, когда кондиционер не нужен, и расход бензина уменьшается. Эти изменения расхода практически не сказываются на средних значениях расхода, вычисляемых в течение многих месяцев, но компьютер «делает вывод» о возможном пробеге машины по результатам только лишь предыдущего дня (длительность работы машины за день раз в 100 меньше, чем за три и более месяцев). Таким образом увеличение интервала времени (или то же самое, что и увеличение числа точек выборки) на два порядка, в течение которого происходит усреднение, может уменьшить разброс значений в 15 раз (вообще-то, разброс средних значений должен зависеть еще и от возможного разброса текущих значений, а он для машин вряд ли превышает 35-50%). И так будет для любых вероятностных процессов, независимо от того, являются ли они оптическими, или нет.

Я затрудняюсь сказать, как часто компьютер машины высчитывает значения среднего расхода бензина. Нет смысла делать это каждую секунду (думаю, что резонно это нужно делать через 15- 30 секунд), и тогда за примерно 4 часа работы машины компьютер получил бы примерно 500-1000 точек за день. Сто дней работы увеличили бы порядок на два, но все равно это было бы еще на три порядка меньше, чем количество возможных переходов электрона с одного уровня на другой в атоме за секунду. То есть, при переходе от явлений макромира в масштаб микромира (оптики) мы как бы имеем дело с событиями с длительностью порядка 10^{-5} секунды.

Это хорошо, что сейчас есть машины, компьютеры которых высчитывают средние значения расхода топлива: все это очень наглядно подтверждает мысль, что увеличение времени наблюдений уменьшает разброс значений. Но все это с очевидностью следует и из обычных математических соображений, которые вполне были доступны не только до того, как стали использоваться такие компьютеры, но и в начале 20-ого века.

Представим, что у нас есть результаты измерений какой-либо случайной величины x_i , лежащие в неких пределах (то есть, ни один из результатов не равен бесконечности, что всегда бывает на практике, поскольку бесконечные значения физических величин получают только теоретики, но никогда экспериментаторы). Мы можем взять n замеров, просуммировать их и сумму разделить на n , и мы получим X_n . Добавим к сумме еще один замер $(n+1)$ -ый, и опять посчитаем среднее значение X_{n+1} . Если теперь взять разность средних значений для n и $n+1$ точек (по абсолютной величине), провести все преобразования, то разность окажется равна

$$X_{n+1} - X_n = (x_{n+1}/n+1) - (X_n/n+1).$$

Видно, что эта разность уменьшается с ростом n , то есть, она уменьшается с увеличением числа измерений.

Сразу отмечу, что количество замеров можно поставить в соответствие времени процесса, особенно, когда замеры производятся через равные промежутки времени (но равномерность необязательна: мы ведь можем оценивать футбольный матч не 90 минутами, а количеством ударов по воротам, которые могут быть неравномерно распределены во времени). Тогда умножение полученной разницы на время (то есть, на $n+1$) даст нам «шаг» в значениях замеров.

$$\Delta X \cdot (n+1) = x_{n+1} - X_n.$$

Судя по тому, что сказано в начале статьи, эта разность не может быть меньше, чем $1/n+1$. То есть,

$$\Delta X \cdot (n+1) = k/n+1 \geq 1/n+1.$$

Это легко понять, если числа x_i являются числами натурального ряда, но это понятно и тогда, когда x_i принимают дискретные и определенные значения.

Мне кажется, что мы уже вплотную подошли к принципу неопределенности Гейзенберга в виде $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2$. Здесь следует понимать ΔE как $E_i - E_{cp}$, интервал времени соответствует некому количеству замеров (n , или $n+1$). Тогда $\hbar/2$ то самое число, меньше которого разность случайных значений энергии и ее среднего значения не может быть.

Величина постоянной Планка экспериментально определяется достаточно просто и с высокой точностью, но мне сейчас хочется понять, почему именно этот параметр получил Планк (а он вообще не вкладывал в свой параметр физического смысла), и почему он оказался именно тем числом, которое приобрело в квантовой механике такой большой смысл?

Дело в том, что даже если взять все химические элементы таблицы Менделеева и все возможные переходы всех электронов с одних уровней на другие, то мы вряд

ли наберем количество разных значений энергии, близкое к 10^6 (ну пусть даже 10^9). Если записать последовательность таких чисел и наименьшее из них принять за некую единицу, то остальные числа могут быть кратны этой единице. Если же это и не так, то можно разделить наименьшее значение на десять, на сто, на тысячу. И в последнем случае с точностью до десятой процента считать наименьшим полученное число. Но и тогда для записанного с огромным запасом числа значений энергий 10^9 мы получим степень не больше 12-ой (на самом деле минус 12-ой, поскольку за единицу мы считаем не постоянную Планка, а уровень энергии в электрон-вольтах), и это необычайно далеко от степени постоянной Планка (минус 34).

Но что видно из формулы Планка $E=h \cdot \nu$? Из формулы следует, что постоянная Планка — это величина энергии, требуемая для изменения частоты излучения на один герц (я писал об этом в своей работе [3]). То есть, в качестве наименьшего числа выбирают не наименьшую энергию некоего перехода (пусть даже деленную на десять, сто и тысячу), а значительно меньшую энергию, требуемую для изменения частоты на один герц. А таких герц в любом из переходов довольно много (даже в оптическом диапазоне их порядка 10^{14}).

В своей работе [3] я показал, что, поскольку масса электрона есть величина постоянная, частоты излучений, которые мы измеряем, очень велики, то величина постоянной Планка, как энергии, приходящейся на один герц, является очень стабильной величиной. Чтобы не заставлять читателя искать данную работу, я повторю соображения работы [3] здесь.

«Размерность действия содержит некий парадокс. Понятие энергии само по себе уже является суммарным результатом действий (его можно интерпретировать количеством воды, налитой в ведро), так зачем же это количество еще умножать на время процесса?

Но ведь возможна размерность, которая непосредственно вытекает из формулы $E=h \cdot \nu$. Это энергия, деленная на частоту (дж/Гц). В этой ситуации квант действия приобретает ясный физический смысл: h становится количеством энергии, необходимым для изменения частоты на один герц. В этой ситуации становится ясным, что данная энергия берется не от мистического колебания плотности распределения вероятности появления частицы в некой точке пространства, а является результатом ускорения (или, наоборот, замедления) электрона. Но электрон взаимодействует не с ядром, поскольку иначе спектр излучения был бы непрерывный, а с неким полем, имеющим волнообразный характер, то есть, с тем самым электрически заряженным эфиром.

Представим пространство в виде «стиральной доски». Амплитуда волны стиральной доски для нас не будет иметь значения, длину волны обозначим L . Представим частицу, движущуюся без трения со средней скоростью v вдоль стиральной доски (внутри одной длины волны скорость может быть неодинаковой, но каждый участок L проходится за одно и то же время). Тогда период будет равен $T=L/v$ и частота $\omega=v/L$ (с «аналогичной» частотой вы будете стучать палкой по

забору, пробегая вдоль него). Кинетическая энергия частицы запишется как $E=mv^2/2$.

Увеличим скорость движения частицы на величину Δv . Частота возрастет $\omega_1=(v+\Delta v)/L$, и возрастет энергия $E=m(v+\Delta v)^2/2$. Разность частот составит $\Delta\omega=\Delta v/L$, перепад энергии составит $\Delta E=m[v\Delta v+(\Delta v)^2/2]$, или с учетом $\Delta v \ll v$ можно записать $\Delta E=mv\Delta v$.

Определим величину энергии, необходимую для изменения частоты на один герц $h=\Delta E/\Delta\omega=mLv$ (я умышленно обозначил данный коэффициент буквой h , чтобы показать его формальную связь с постоянной Планка, вернее, с тем, как ее можно получить).

Проанализируем это выражение с учетом сделанных предположений. Величины m и L являются постоянными. Поскольку мы предположили, что трения нет, а скорость меняется незначительно, то можно считать, что величина энергии, необходимая для изменения частоты на один герц, будет постоянной величиной практически для всего частотного диапазона (параметр h тоже величина постоянная). Причем ясно, что для данного вывода не имеет значения, каков характер силы, приводящий к изменению скорости, или ее зависимость от расстояния в пространстве. Важно лишь, что скорость изменилась. То есть, нам не важно, что высота волн в стиральной доске может нарастать, или уменьшаться, величина энергии, приходящаяся на изменение частоты на один герц, будет постоянной. Именно поэтому постоянная Планка имеет столь универсальный характер для всей Вселенной (наверное, для нашего участка Вселенной), ведь мы рассматриваем взаимодействие электрона постоянной массы с одинаковым полем эфира. Но и для всех объектов одинаковой массы (даже для всех людей одинакового веса, бегущих с металлической палкой вдоль забора из железных прутьев) это изменение энергии на один герц будет универсальной величиной. Более того, для всех скоростей движения, при которых частоты излучения, или поглощения будут превышать **100 Гц**, «постоянная Планка» с точностью до одного процента будет величиной универсальной. А уж тем более, для частот порядка (и более) **10^{14} Гц.**»

Следует остановиться еще на двух моментах, связанных с принципом неопределенности Гейзенберга.

Вообще-то я не встречал очень четкого заявления, что ΔE и Δt могут принимать нулевое и бесконечное значения, хотя все встречаемые рассуждения как бы подспудно это допускают. Но мы должны отчетливо понимать, что даже если такое следует из математического вида принципа неопределенности, то это совершенно недопустимо на практике. И уж, тем более, не может быть доказано ни одним экспериментом. Ну, а если эти величины ограничены как сверху, так и снизу, то всегда можно выбрать такую длину выборки, при которой среднее значение, умноженное на длину выборки, окажется больше некоего постоянного числа.

И, кроме того, следует понимать, что же такое эксперимент. В том числе и в оптике. Все снимаемые кривые являются набором отдельных точек (то, что мы

видим как бы непрерывные кривые, является иллюзией, поскольку эти кривые состоят из огромного числа точек, которые мы наблюдаем в очень короткие промежутки времени с длительностями от 10^{-8} до нескольких секунд). И это определяет длину выборки. А от длины выборки зависит минимальное число, являющееся шагом в значениях результатов измерений.

И здесь возникает вопрос, всегда ли в экспериментах коэффициент пропорциональности в формуле $E=hf$ в точности равен постоянной Планка? Здесь имеется несколько нестыковок. Во-первых, постоянную Планка мы измеряем не из сравнения энергии отдельного фотона и частоты излучения (скорее всего, здесь поступают наоборот: зная частоту излучения, определяют энергию, исходя из известной постоянной Планка), а совсем иными методами: их, по-видимому, следует назвать интегральными, поскольку они основаны на измерении скорости движения груза и наводимой в приборе ЭДС (см. цитату).

Измерение постоянной Планка

13.11.2000 0:00 | [УФН](#)

Новые наиболее точные измерения [постоянной Планка](#) выполнены исследователями из NIST. Новый результат одновременно улучшает ту точность, с которой известны такие [фундаментальные константы](#), как масса электрона, масса протона, [число Авогадро](#) и др.

Методика эксперимента предложена В.Kibble из Английской национальной лаборатории. Основой экспериментальной установки является соленоидальный маятник. Он представляет собой килограммовую массу, прикрепленную к металлическому [соленоиду](#) и помещенную в магнитное поле. Магнитное поле соленоида уравнивает силу тяжести, действующую на груз. При ослаблении тока в обмотке груз движется вниз. В этот момент измеряется его скорость и наводимая ЭДС. Данные величины содержат в себе информацию о планковской постоянной. Исследователям также удалось достичь компенсации факторов, обусловленных геометрией установки. В итоге для постоянной Планка получено значение $h=6,62606891 \cdot 10^{-34}$ Дж*с с относительной погрешностью $89 \cdot 10^{-9}$, которая в 2 раза меньше погрешности лучших из предшествующих измерений. Описываемый эксперимент позволяет дать определение единицы массы - килограмма на квантовом языке, в отличие от находящегося во Франции реального [эталона](#) массы.

Источник: [Physical Review Letters, 21 September 1998.](#)

То есть, они явно не основаны на работе с отдельным фотоном. Во-вторых, при преодолении электроном некоего потенциального барьера (то есть, при переходе с одного энергетического уровня на другой) имеет место туннельный эффект, и это означает, что для его преодоления энергия электрона вовсе не должна быть строго определенной величиной. При туннельном эффекте энергия преодоления барьера лежит в неких пределах. Анализ кривых, описывающих туннельный эффект, позволяет предположить, что разброс скоростей электронов, проникающих сквозь

потенциальный барьер порядка 50%, что похоже на разброс значений расхода бензина в машине. Но тогда можно с большим основанием предполагать, что как при коротких выборках в измерениях расхода бензина в машине средние его значения в разных выборках отличаются на 15%, так и в оптике при коротких выборках значения постоянной Планка могут тоже отличаться на несколько процентов.

Казалось бы, чтобы сделать выборку в эксперименте более короткой, нужно изучать излучения при переходах с метастабильных уровней (время перехода с одного уровня на другой иногда более секунды), и здесь измерять не только частоту излучения, но и энергию. А затем уже вычислять коэффициент h в приведенной выше формуле. Казалось бы, что мы должны получить большой разброс значений, или, что то же самое, большую ширину линии спектра, но на практике все обстоит наоборот: ширина линии излучения при переходе с метастабильного уровня имеет очень узкую полосу. Но этот парадокс можно объяснить. Если оставаться в рамках вероятностного подхода, то столь долгое нахождение электрона на метастабильном уровне объясняется весьма малой вероятностью его перехода на другой уровень, что возможно только тогда, когда текущее значение энергии электрона близко к возможному максимуму, то есть, разброс энергий изначально очень небольшой. Это означает, что разброс текущих значений в выборке очень маленький. Именно это я и писал, когда сказал, что отличие средних чисел зависит не только от длины выборки, но и от разброса чисел в самой выборке.

Но есть еще один эффект, который свойственен теперь уже длинным выборкам. Если мы будем сидеть за прибором часы, дни, годы и десятилетия, то практически ничего к полученным уже значениям не добавим: все наши замеры будут набором измерений с некими выборками, для которых значения постоянной Планка посчитаны. А, если мы посчитаем ее среднее значение для всех выборок, то оно тем более будет посчитано с еще более высокой точностью.

Но возможна другая ситуация, когда станет ясно, что нам потребуется величина, меньшая, чем нынешняя постоянная Планка. Это произойдет тогда, когда количество точек выборки станет порядка 10^{34} . Но когда такое случится? Как я уже сказал, даже если мы примем, что у нас есть 10^9 разных уровней энергии при переходах в атомах всех электронов, то тогда нам нужны бы выборки длиной порядка 10^{25} точек, чтобы почувствовать в экспериментах, что нас уже не удовлетворяет размер постоянной Планка. Если теперь предположить, что за секунду мы сможем получить 10^8 точек, то для получения выборки такой длины нам потребуется порядка 10^{10} лет. Даже если мы разделим это число на количество лабораторий, в которых измеряют постоянную (пусть их 100), то вряд ли мы дождемся нужного момента.

Вообще-то, можно было бы посчитать, чему равна величина постоянной Планка, исходя именно из того, что в основе расчетов должна лежать кинетическая энергия электрона. Проблема в том, что у нас нет истинных размеров атомов, нет радиусов,

на которых расположены возбужденные и невозбужденные уровни электронов (даже если мы будем рассматривать электрон не как частицу, а как расплывшуюся в пространстве волновую функцию, то максимум ее распределения будет иметь свою траекторию; кстати, а что тогда следует понимать под радиусами Бора?), с которым мы могли бы сопоставить частоты соответствующих переходов. Мы можем лишь с точностью до порядка признать, что размер атома равен 1 ангстрему, или 10^{-10} м, расстояния между уровнями порядка 0,1 ангстрема (10^{-11} м). В работе [4] я посчитал, что при условии «падения» электрона на протон под действием сил Кулона (до первого уровня) его средняя скорость будет порядка 10^6 м/с (что соответствует 3 э-в). Подставляя массу электрона и данную скорость в формулу для кинетической энергии, мы получим величину, равную приблизительно $4,55 \cdot 10^{-19}$ дж. Если теперь неточно (конечно, я мог бы точно подставить именно ту частоту, при которой полученная величина оказалась бы в точности равна постоянной Планка, но я взял некую среднюю величину, поскольку значения радиусов взяты с точностью до порядка) предположить, что возможной частотой излучения является частота из спектра видимого излучения ($4,55 \cdot 10^{14}$ Гц), то энергия, приходящаяся на один герц, будет равна 10^{-33} дж/Гц (дж·с). А постоянная Планка, как известно, равна $6,63 \cdot 10^{-34}$ дж/Гц.

Можно было бы воспользоваться формулой Нильса Бора для радиусов разных уровней энергии в атоме водорода (хотя сами радиусы высчитываются исходя из известной постоянной Планка, и для меня такой подход был бы не совсем корректен), но меня тревожит некая логическая некорректность использования этой формулы. По формуле радиусы разных уровней пропорциональны номеру уровня в квадрате, то есть, они нарастают пропорционально квадратам чисел (кстати, формула не может пока быть подтверждена экспериментом). Первый радиус равен 0,53 ангстрема, в то время как размер целого атома, более крупного, чем водород (графена), оценивается чуть больше, чем в один ангстрем. И это результат эксперимента [5]. То есть, первый радиус электрона только в два раза меньше радиуса атома. Так где же должны разместиться все возмущенные и невозмущенные уровни электронов, радиусы которых пропорциональны квадратам номеров уровней, если расстояния между первым уровнем и внешней границей атома отличаются всего в два раза? Кроме первого уровня другие поместиться в атоме уже не могут. По логике расстояния между уровнями должны бы уменьшаться (а не увеличиваться), и где-то пятый, или шестой уровни должны лежать вблизи границы атома. И электроны могут покидать атом с этих уровней при незначительных затратах энергии.

С другой стороны нам «известно», что электрон должен находиться на такой траектории, на которой укладывается целое число длин волн де Бройля вдоль орбиты. Но, если на первой орбите должна быть одна длина волны, то на второй их должно быть уже четыре. В данном случае непонятно, где же траектории, на которых укладываются две и три длины волны? А потом 5, 6, 7, и 8?

Возьмем длину траектории, на которой укладывается две длины волны де

Бройля. Ее радиус в $\sqrt{2}$ больше первого радиуса Бора. С учетом того, что длина волны де Бройля обратно пропорциональна скорости электрона, можно предположить, что его скорость на втором уровне меньше скорости на первом в $\sqrt{2}$. Тогда его кинетическая энергия будет меньше в 2 раза. Для третьего уровня уменьшение скорости должно быть пропорционально $\sqrt{3}$, а энергии в 3 раза. Но переходы с уровня 4 на 3, с 3 на 2 и с 2 на 1 по энергиям вовсе не соответствуют соотношениям 4 к 3, 3 к 2 и 2 к 1. На самом деле они соотносятся так: при переходе с уровня 2 на 1 выделяется энергия в 5,4 раза большая, чем при переходе с уровня 3 на 2. А при переходе с 4 на 3 выделяется энергия в 2,86 раза меньшая, чем с 3 на 2. (Кстати, и в этом случае мы не разместим пятый и шестой уровни внутри атома.) То есть, уровни энергии не соответствуют возможным скоростям движения электронов.

Таким образом с сожалением мы можем констатировать, что в настоящее время мы не можем посчитать точно постоянную Планка, исходя из знания размеров атомов и кинетической энергии электрона на каждом из его уровней. Но это никак не отражается на выводе, который можно сделать: принцип неопределенности Гейзенберга отображает не то, что частица обладает некими волновыми свойствами, а то, что любыми нашими приборами (и даже глазами) из-за их малого быстродействия мы не можем зафиксировать мгновенное положение частицы, движущейся с огромной скоростью. Мы можем лишь увидеть «облако» положений данной частицы, состоящее из огромного числа текущих положений, которые занимает частица за время срабатывания прибора (этот эффект хорошо знаком всем, кто хоть однажды держал в руках фотоаппарат). (Ну посмотрите на растопыренные пальцы вашей руки, если вы будете двигать ею с высокой скоростью: она ведь расплывется в пространстве. Неужели вы и для руки определите волновую функцию распределения вероятностей положения руки в пространстве?)

Везде повторяю, что тот вероятностный метод (метод работы со случайными числами), который применяется в квантовой механике, вполне законен, а, может, даже единственно возможный. Но не надо из него «вытаскивать» интерпретацию физических процессов в микромире, ведь именно это и приводит нас к тем парадоксам, которые так хорошо показаны в работе [1].

Но есть и другой вывод, который является намного более удручающим, чем кажется на первый взгляд. Наверное, можно как-нибудь оправдать физиков столетней давности за то, что они не распознали истинный физический механизм взаимодействий в микромире (да простят меня за столь некорректное отношение к гениальным ученым того времени, но мы ведь обязаны не только отдавать им должное, но и указывать на их ошибки — даже Аристотель ошибался), но я вынужден констатировать, что современным физикам такое непонимание совсем непростительно. И, самое главное, что истоком такого непонимания является то оружие физики, которое она оттачивала в течение последних 100-150 лет, то есть, математика. Конечно, математика сама по себе ни в чем не виновата, но именно

она приучила физиков мыслить формально, что, в свою очередь, вызвало переход от реального мышления к религиозно-мистическому. Именно это необходимо преодолевать физике, но какой же это бесконечно длинный процесс!

Литература.

1. Дж. Гринштейн, А.Зайонц. Квантовый вызов. Издательский дом Интеллект, 2008.

2. В.Миркин. Принцип Иоланты, или существует ли квантовый вызов?

<http://bourabai.kz/>

3. В.Миркин. Бог не играет в кости с физиками. <http://www.electron2000>, 22.01.2011.

4. В.Миркин. Физическая среда Вселенной. 6 декабря 2012, SciTecLibrary.ru.

5. Ученые впервые запечатлели анатомию молекул и кластеров. <http://www.membrana.ru/particle/14065>.