Ковешников Евгений Валериевич

НЕПОЛНОТА И НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ И ПОИСК ПУТЕЙ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ: НАУЧНО-ФИЛОСОФСКИЙ И ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2011/3/10.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2011. № 3 (46). С. 29-35. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2011/3/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

такое слабое. Это есть следствие того, что неопределённость в движении электрона (или любой другой частицы) ограничена, в основном, удалёнными массами Вселенной. А близко расположенные тела уменьшают неопределённость в его движении на очень незначительную в процентном отношении величину» [Там же, с. 123]. Физик приходит к выводу, что гравитация - исключительно квантовый (дискретный) эффект, так как механизм движения частиц имеет дискретную природу. Как видим, это уже не догма-постулат, а логически выверенное следствие из теории.

Как в начале XX века возникло противоречие между ньютоновой механикой и новыми опытными данными, в результате чего родилась теория относительности, так и в начале XXI века ТО Эйнштейна была расширена и частично пересмотрена. Так будет ли когда-нибудь здесь поставлена точка, или же мы имеем дело с неисчерпаемой чередой противоречий и неопределённостей, которые надо будет вечно преодолевать всё более новыми и интеллектуально изощрёнными теориями, будем ли мы искать подлинную истину или превратим это благородное занятие в бесконечные «игры разума»? Действительно, почему так происходит, почему каждая последующая теория частично включает в себя предыдущую, отвечает на часть её вопросов, но и сама таит в себе элемент неопределённости? Ответ на этот вопрос можно найти у Бриллюэна, который считал, что «*теории надлежит рассматривать как очень полезные модели, но отнюдь не как завершённые вещи. Они есть плоды человеческого изобретения, а не божественного откровения; их будут переделывать, видоизменять, приспособлять, пересматривать и т.д. и т.п. до бесконечности, пока учёные смогут работать*» [1, с. 77]. Согласно Бриллюэну, физическая теория и физическое знание всегда неполны, а область их применения - ограничена. Это связано с тем, что научные законы, сформулированные людьми-учёными, не могут полностью отразить реальную суть вещей в Природе, она слишком сложна, чтобы быть формализованной. Из идей Бриллюэна можно сделать простой, но важный вывод: если учёный-естественник наблюдает явление или объект, поведение которого якобы «противоречит всем законам», то это значит лишь то, что эти «законы» природы, написанные вовсе не Природой, а человеком, просто не универсальны, не полны, ограничены в своём применении и требуют переосмысления. На практике же, как правило, проще отрицать наблюдаемое, чем признать неполноту догм.

Список литературы

1. **Бриллюэн Л.** Научная неопределённость и информация / пер. с англ.; под ред. и с послесл. И. В. Кузнецова. Изд. 3-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 272 с.
2. **Гайденко П. П.** История новоевропейской философии в её связи с наукой. Изд. 2-е, испр. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 376 с.
3. **Гернек Ф.** Альберт Эйшштейн / пер. с нем. И. Д. Рожанского с послесл. Б. Г. Кузнецова. М.: Мир, 1979.
4. **Данин Д. С.** Вероятностный мир. М.: Знание, 1981. 208 с.
5. **От классической физики к квантовой: основные представления учения о строении материи** / под ред. Б. М. Вула и Е. Л. Фейнберга. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
6. **Планк М.** Избранные труды. Термодинамика. Теория излучения и квантовая теория. Теория относительности: статьи и речи. М.: Наука, 1975. 788 с.
7. **Сторожук А. Ю.** Эволюция общей теории относительности // Философия науки. 2007. № 3 (34). С. 60-82.
8. **Фридман А. А.** Мир как пространство и время. Изд. 2-е. М.: Наука, 1965.
9. **Эддингтон А. С.** Теория относительности и её влияние на научную мысль / пер. с англ.; под ред. проф. И. Ю. Тимченко. Одесса: МАТЕЗИС, 1923.
10. **Эйнштейн А.** О специальной и общей теории относительности: общедоступное изложение / пер. с 12-го изд.; под ред. проф. С. Я. Лившица. М.: Государственное издательство, 1922.
11. **Эйнштейн А., Инфельд Л.** Эволюция физики: развитие идей от первоначальных понятий до теории относительности и квант / пер. с англ. со вступ. статьёй С. Г. Суворова. М.-Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948.
12. **Янчилин В. Л.** Неопределённость, гравитация, космос. М.: Едиториал УРСС, 2003. 248 с.

УДК 101.1

Евгений Валериевич Ковешников
Уссурийский государственный педагогический институт

НЕПОЛНОТА И НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЬ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ И ПОИСК ПУТЕЙ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ: НАУЧНО-ФИЛОСОФСКИЙ И ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС©

Спор о природе света начался ещё в эпоху классической науки. «*Ньютон, пытаясь объяснить конечную скорость распространения света, предположил, что светящееся тело испускает частицы - корпускулы, - передающие свет. Но при этом ему не удалось объяснить явления интерференции и дифракции, и корпускулярная теория была надолго забыта*» [5, с. 10]. Гюйгенс же считал свет волной и даже разработал специ-

© Ковешников Е. В., 2011

альную эфирную теорию, подкрепляющую его мысль. Эта неопределённость потом перешла в XX век. Такое явление, как *интерференция*, говорит о волновой сущности света. Но открытие в начале XX века явления *фотоэффекта*, когда под действием света атомы металла теряли электроны, вновь возродило гипотезу о корпускулярной его сущности. Так, спор учёных Нового времени, покинув свою метафизическую колыбель, с новой силой разгорелся в двадцатом столетии и теперь вёлся уже с серьёзных научных позиций. Как известно, гипотезу о существовании световых квантов (корпускул, или фотонов) в 1905 году высказал Эйнштейн, основываясь на открытии Планка, совершённом пятью годами ранее: «*Изучая закон излучения Планка, Эйнштейн пришёл к выводу, что электромагнитное излучение не только излучается квантами, но также переносится и поглощается квантами*» [7, с. 82].

В итоге физики пришли к гипотезе *корпускулярно-волнового дуализма*, согласно которой свет (и не только свет) может вести себя и как пакет электромагнитных волн, и как поток частиц (квантов, корпускул). Решить проблему эта гипотеза, конечно, не могла, но зато установила в физике новую неопределённость.

В 1909 (или в 1911 по другим источникам) году английский учёный Эрнст Резерфорд (1871-1937) на основании экспериментальных данных построил планетарную (ядерную) модель атома. Согласно этой модели, есть ядро, состоящее из протонов и нейтронов, а вокруг ядра по орбитам, похожим на орбиты планет, вращаются электроны. Ядро имеет положительный заряд, электроны заряжены отрицательно, причём суммарный заряд всех электронов по модулю равен заряду ядра. Итак, задача, поставленная когда-то ещё древнегреческими атомистами, наконец-то была разрешена: существование атомов не только подтверждено официально, но даже детально описано их устройство. Однако сразу же возникла проблема, *парадокс стабильности атома* во времени. «*Дело в том, что с точки зрения классической электродинамики, электроны, вращаясь вокруг ядра, должны были непрерывно излучать электромагнитные волны*» [Там же, с. 83], что в конечном итоге привело бы к тому, что все электроны просто бы упали на ядро, а атом «схлопнулся». Это была очень серьёзная проблема, такая же серьёзная, как вопрос древних, почему небо не падает. Всякий вещественный объект нашего мира, в том числе и мы, сохраняет свою целостность за счёт межатомных связей, которую обеспечивают вращающиеся на орбитах (орбиталях) электроны. Из школьного курса химии известно, что атомы вступают в химическую связь друг с другом путём перекрывания (пересечения) своих электронных облаков. Если же все атомы вещества объекта «схлопнутся», то он просто рассыплется в пыль, нанопыль, лишённую всех тех свойств, что были присущи атомам и веществу в целом.

Разрешить возникший парадокс взялся в 1913 году датский физик Нильс Бор (1885-1962). Если электрон, непрерывно излучая, вскоре упадёт на ядро, значит в теории надо ему запретить это делать, то есть электрон, двигаясь по стабильной круговой орбите, не излучает. Кратковременное излучение электроном электромагнитной волны последует тогда, когда он «перескочит» на другую, более низкую орбиту. А если электрон поглотит её, то получит право подняться на более высокую орбиту. Такое понижение и повышение «в звании» электрона - неестественно, поэтому он будет стремиться вернуться на свою стационарную орбиту, с которой вынужден был уйти, вернётся «на круги своя» в прямом смысле слова. Отсюда и стабильность атома во времени. Всего таких орбит у атома, решил Бор, должно быть n штук, то есть *дискретный* ряд. Итак, парадокс был устранён. Теперь знание об устройстве атома казалось уже более полным, чем ранее. «*Бор, применяя квантовую теорию к модели атома, сумел не только объяснить устойчивость атома, но в некоторых простых случаях сумел также дать теоретическое объяснение линейных спектров, образующихся при возбуждении атомов посредством электрического разряда или теплоты. Его теория при описании движения электронов покоилась на соединении классической механики и квантовых условий, которые налагаются на классические законы движения для выделения дискретных стационарных состояний среди других состояний*» [3, с. 12]. Следует отметить, что этот принцип стабильности Бора предохраняет атом от «схлопывания» лишь в неэкстремальных условиях. Нейтронные звёзды, например, из-за своего экстремально малого размера, измеряемого всего лишь километрами, имеют такую сильную гравитацию, что все атомы звезды под её воздействием как бы «раздавливаются», превращаясь в элементарные частицы. Но тогда этого ещё не знали.

Значение гипотезы корпускулярно-волнового дуализма по достоинству оценил в 1924 году французский физик Луи де Бройль (1892-1987). В ходе теоретических исследований «*де Бройль подумал, а не связан ли электрон с какой-то волной? Может быть, она ведёт его или сопутствует ему? Или, хоть и непонятней, но проще: может быть, есть в нём самом нечто волнообразное? Если так, то в его поведении как частицы должно отражаться поведение связанной с ним волны*» [4, с. 107]. Заслуга де Бройля здесь в том, что он предположил универсальность изначально частной гипотезы, распространив корпускулярно-волновой дуализм не только на свет (и электромагнитное излучение), но и на вещество, ведь электрон - частица вещества. *Впервые в истории науки вещественному объекту была поставлена в соответствие невещественная волна.* Это нельзя понимать в простом смысле: камень, падая в воду, создаёт волну в воде и звуковую волну в воздухе, это и так было давно известно. *Сам материальный объект можно понимать как волну, он сам может быть представлен волной.* Вот это была уже по-настоящему смелая гипотеза. Вот что пишет сам де Бройль: «*В квантовой теории принимается, что* $E = h$ *, т.е. с движением частицы, энергия которой равна E, связывается распространение волны, характеризуемой частотой* $= E / h$. <…> *Если мы примем такую гипотезу, то получим две формулы:* $E = h$, $= \frac{h}{m}$. *Иными словами, частице, движущейся прямолинейно и*

равномерно с энергией E и импульсом mυ, мы можем сопоставить распространяющуюся в том же направлении плоскую монохроматическую волну с частотой E/h *и длиной волны* h/m » [2, с. 42]. А вскоре гипотеза стала фактом: «*В 1927 г. американские физики Дэвиссон и Джермер и, независимо от них, англичанин Томсон (сын знаменитого английского физика Дж. Дж. Томсона, впервые исследовавшего электрон) открыли дифракцию электронов на кристаллах. Таким образом подтвердилась не только волновая природа электрона, но и выражение для длины волны де Бройля*» [5, с. 23].

Возвращаясь к теоретической модели атома Бора, следует отметить, что, несмотря на всю её простоту, в ней оставалась неопределённость: устойчивость атома как бы была сведена к устойчивости стационарной орбиты электрона, но *почему* она всё же устойчива и почему она *именно такая*, а не иная, это были неразрешённые вопросы. Ясность здесь внёс де Бройль, опираясь на свои открытые волны материи: «*Для того чтобы эта неизменность - эта устойчивость - соблюдалась, в орбите должно уменьшаться по её длине* (длине орбиты - авт.) *целое число электронных волн. Обязательно - целое! Если это условие хоть чуть-чуть нарушится и возникнет маленький сдвиг - физики говорят «сдвиг по фазе», - то электрон очутится в нашей точке уже в ином состоянии, чем прежде. Устойчивость нарушится. Орбита окажется неразрешённой. Состояние атома - нестационарным.*

Де Бройль уловил возможную причину странного разделения путей электрона в атоме на дозволенные природой и недозволенные. Дозволены лишь те орбиты, чья длина кратна длине волны электрона! Лишь по таким орбитам он может кружиться бессрочно, всё возвращаясь и возвращаясь на круги своя» [4, с. 107].

В 1926 году австрийский физик Эрвин Шрёдингер (1887-1961) на основе теоретического аппарата де Бройля записал дифференциальное уравнение, описывающее движение частицы в пространственно-временном континууме. Основу уравнения составила так называемая волновая Ψ-функция (амплитуда волны де Бройля). Это был большой шаг на пути преодоления неполноты знаний о микромире: «*И в принципе это уравнение способно объяснить все атомные явления, кроме тех, которые связаны с магнетизмом и теорией относительности. Оно может быть применимо и для системы, состоящей из многих частиц*» [7, с. 85].

А через год, в 1927 году, немецкий физик Вернер Гейзенберг (1901-1976) предложил такой мысленный эксперимент: в микроскопе на предметном столике лежит электрон, который «освещается», потоком частиц одинаковой энергии (электроны, протоны или фотоны). Не вдаваясь во все физические рассуждения Гейзенберга, следует отметить, что в итоге он получил своё знаменитое выражение: $\Delta x \cdot \Delta P_x \geq h$, названное *принципом неопределённости Гейзенберга*. В нём первый сомножитель означает неопределённость измерения координаты электрона, второй - неопределённость измерения его импульса, h - постоянная Планка. Значение этого небольшого математического выражения велико и заключается в том, что *по объективным причинам одновременно нельзя определить значение координаты электрона и его импульса с абсолютной точностью*, всегда будет какая-то неясность относительно одной из величин. Де Бройль так прокомментировал эту проблему: «*Если мы хотим повысить точность определения величины x, то нужно уменьшить длину волны λ, взяв более быстрые падающие частицы. Но тогда (и как раз здесь проявляется конечная величина кванта действия) возрастёт импульс* $|p|$ *падающей частицы, так как* $|p| = h/$, *а* h *- конечная величина. Но тогда возрастёт и* ΔP_x, *в связи с чем по-прежнему будет справедливо соотношение Гейзенберга*» [2, с. 106]. Улучшили качество определения одной величины - автоматически ухудшилось качество определения другой и наоборот, то есть налицо замкнутый круг.

«*Соотношения неопределённостей - частный случай и конкретное выражение общего принципа дополнительности, сформулированного Бором в 1927 г. Именно этот принцип позволяет примирить, казалось бы, непримиримое: ведь электрон проявляет себя в разных экспериментах то как частица, то как волна. Квантовая механика осуществляет синтез этих понятий и даёт возможность предсказывать исход любого опыта, в котором проявляются как корпускулярные, так и волновые свойства частиц*» [5, с. 48].

Но это исключительно частное физическое толкование открытия Гейзенберга. Для философии науки его надо представить в несколько ином свете, описать в общем плане и более понятно. Вот как о принципе неопределённости говорится у французского физика и мыслителя Л. Бриллюэна. «*Существует предел точности экспериментальных измерений. Учёный стремится, насколько возможно, повысить точность своих наблюдений, но его всегда останавливает непреодолимое препятствие: возмущение, привносимое самим измерительным прибором в объект измерения. В прежних классических науках допускалось пренебрегать ролью наблюдателя: предполагалось, что экспериментатор наблюдает именно то, что происходит вокруг него, и что его присутствие не влияет на ход событий. В астрономии или классической механике подобная точка зрения оправданна. Но когда мы исследуем атомы или электроны, мы не можем наблюдать эти крохотные элементы, не возмущая их. Теперь связью между наблюдателем и наблюдаемым объектом пренебрегать уже нельзя*» [1, с. 40]. Как физик, он прекрасно понимает, что существует фундаментальное ограничение на измерение расстояний. И если в математике можно абсолютно легко оперировать с величинами $10^{-1000000}$ единичного отрезка, то в физике для измерения расстояния даже порядка 10^{-50} сантиметра потребовалось бы «*фантастически громадное количество энергии, способное разнести в куски лабораторию и всю Землю*» [Там же, с. 59]. Здесь Бриллюэн исходит из другой формулировки соотношения неопределён-

ностей: $\Delta E \cdot \Delta x \geq \frac{1}{2}hc$, согласно которому, чем меньше измеряемая длина Δx, тем больше энергии ΔE для этого измерения потребуется. За этим барьером заканчивается наша возможность что-то наблюдать и измерять, более того, по Бриллюэну, *в физике* нельзя провести никакого измерения с *математически* абсолютной точностью: для этого потребуется бесконечное количество энергии, а это значит, что физическая теория и физическое знание *всегда будут иметь в себе врождённую неполноту, врождённую неопределённость*.

Не только измерительный прибор, но даже *сила мысли* способна повлиять на состояние объекта исследования. Достаточно проделать такой мысленный эксперимент: пусть мы думаем о чём-то отвлечённом и вдруг нам захотелось зафиксировать *именно это* состояние мозга *в данный момент времени*, мысленно это состояние «сфотографировать», «схватить», оценить, то есть мы *подумали* о том, как физически реализуется та наша отвлечённая подопытная мысль в данный момент времени. В таком случае эта наша новая *мысль о мысли*, которую мы можем принять за *измеритель*, пройдя по нервным клеткам, изменит состояние целой системы синапсов - контактов между отдельными нейронами. Таким образом, только подумав о картине соотношений между нейронами, мы уже вносим в неё существенные искажения. Нельзя проанализировать и измерить мысль мыслью, не исказив первую. Более того, это даже вредно для рассудка, так как дестабилизирует работу мозга, зацикливает его, как неумело (или со злым умыслом) написанная программа зацикливает компьютер.

Итак, в первой трети XX века было построено здание новой науки - *квантовой механики*. Её основа - это изложенные выше мысли. И буквально тут же, вместо того, чтобы *устранить* былые затруднения и парадоксы, как это от неё требовалось, новая ветвь физики породила лишь *ещё больше* противоречий. Парадоксы таились в самой квантовой механике, в её *двойственности*. В принципе, говорить об этой науке, как о единой, не имеет смысла. Фактически, есть две механики, точнее, её интерпретации: *статистическая* и *копенгагенская*. Основная идея статистической интерпретации: «*В каждый момент времени электрон (или другая частица) находится в определённом месте пространства. Волновая же функция описывает только возможную вероятность его нахождения в том или ином месте и не даёт знания о реальном местоположении электрона. И в этом смысле квантовая механика не полна*» [7, с. 87]. Основная идея копенгагенской интерпретации: «*В каждый момент времени электрон не имеет определённого местоположения. Он действительно находится с различной плотностью вероятности (а именно, $|\Psi|^2$) в разных точках некоторой области. То есть волновая функция даёт полное описание движения даже одного электрона*» [Там же].

Квантовая механика в статистической интерпретации - это, фактически, модернизированный детерминизм Лапласа, его потомок. Даже лозунг о том, что если что-то нельзя объяснить, то это есть лишь результат нашего незнания, здесь сохраняется. В. Л. Янчилин по этому поводу замечает: «*Но с этой точки зрения совершенно необъяснимо, почему электрон в атоме не падает на ядро. Неужели наше незнание местонахождения электрона в атоме удерживает его от падения? <…> И что такое фотон: это частица или волна?*» [Там же, с. 88]. Не претендует она и на полноту. Копенгагенская же интерпретация полностью отвергает предопределённость, постулирует индетерминизм в микромире, объявляет свою систему знаний полной.

Первая интерпретация говорит о существовании *одного-единственного* конкретного движущегося электрона, который может пройти только через какую-то *одну* щель на экране. Вторая же утверждает о наличии вместо одной частицы уже целого виртуального электронного *облака*; такая частица-облако способна двигаться одновременно в разных направлениях и с разными скоростями и, в частности, пройти в *две* щели на экране сразу, то есть одна неделимая частица оказывается в двух местах одновременно. «*Можно представить себе замешательство физиков (возможно, переходящее в бурное негодование), когда им была предложена такая теория*» [Там же]. Первая интерпретация говорит о единичности, вторая - о множественности. Со всеми основаниями можно говорить, что через двойственную квантовую механику давний спор древнегреческих философов о едином и многом продолжился уже в эпоху Новейшего времени, в эпоху неклассической науки.

Особенно яростно обрушивается с критикой на копенгагенскую интерпретацию другой наш современник - В. Ф. Соломатин. В статье ««Чудовища» копенгагенской интерпретации квантовой механики» он пишет:

«*Рассмотрим, какие чудовища были порождены выдающимися физиками.*

Чудовище 1. Это утверждение о полноте квантовой механики. Чудовищем это утверждение является потому, что, вопреки ему, квантовая механика не позволяет однозначно предсказывать отдельные события (такие, как срабатывание счётчика частиц или почернение фотопластинки в определённой точке). Для устранения возникшего противоречия было порождено другое чудовище.

Чудовище 2. Это утверждение о том, что в микромире принцип причинности теряет силу.

Чудовище 3. Это запрет рассуждать о том, что собой представляют микрообъекты вне моментов срабатывания регистрирующих устройств. Раз теория это не описывает, то не надо об этом и рассуждать.

Чудовище 4. Это утверждение о существовании взаимного влияния друг на друга переставших взаимодействовать систем, независимо от того, на каком расстоянии они находятся (например, одна - в Париже, другая - в Пекине).

Чудовище 5. Это фраза Н. Бора о безумности как критерии истинности теории.

Чудовище 6. Это многомировая интерпретация квантовой механики, в соответствии с которой в момент измерения возникает столько миров, сколько было возможных исходов. Придумал эту интерпрета-

цию студент Эверетт, и некоторые физики рассматривают её всерьёз» [6, с. 248]. Эта критика копенгагенской интерпретации отчасти справедлива.

Предложение В. Ф. Соломатина «*заключается в предположении о существовании в природе процессов, подчиняющихся неформализуемым законам*» [Там же]. К сожалению, такое предположение опять же принципиально не снимает неопределённости, а лишь её постулирует: есть какие-то законы, которые мы не в состоянии формально описать, ибо они по определению неописуемы. Где же выход и кто его нашёл?

Итак, в самом начале XXI века в свет вышла книга нашего соотечественника - физика В. Л. Янчилина. И породила множество споров и дискуссий. Как всегда бывает в научном мире, кто-то выступил горячо за его идеи или, по крайней мере, одобрительно отнёсся к его научному труду, кто-то же остался при мнении, что ничего нового, в принципе, автором открыто не было. Однако с точки зрения философии и истории развития физики эта книга представляет большой интерес, ибо в ней излагается принципиально новая, третья, интерпретация квантовой механики. Разберём её основные постулаты.

По Янчилину, есть Вселенная (то есть бытие), а есть и настоящее, объективно существующее небытие - Хаос, окружающий Вселенную.

Основные идеи новой интерпретации квантовой механики:

1. Хаос объективно существует: «*Предельная степень вырожденного пространства-времени и есть Хаос*» [7, с. 101]. В Хаосе не действуют никакие свойственные Вселенной законы, причинно-следственная и пространственно-временная связь между событиями разрушается.

2. Квантовые объекты (электрон, фотон и пр.) движутся дискретно, т.е. «*электрон исчезает из одной точки облака и через бесконечно малое время появляется в другой точке облака*» [Там же, с. 102]. Здесь автор придерживается идеи копенгагенской интерпретации о виртуальном электронном облаке вместо одного конкретного электрона. Электрон, согласно Янчилину, как бы «телепортируется» из одной точки пространства в другую. Таково его движение. Говорить о классическом вращении электрона вокруг ядра атома, как в модели Бора, не имеет смысла. О классическом непрерывном движении он говорит так: «*При помощи понятия непрерывного движения невозможно описать только процессы, происходящие в микромире. Поэтому, если нам удастся описать происходящие в микромире процессы, используя понятие дискретного движения, то это и будет достаточным основанием для введения в физику такого понятия*» [Там же, с. 103].

3. Принцип неопределённости Гейзенберга сохраняется в новой интерпретации. Пересмотрена первопричина этой неопределённости: «*Окружающее нас пространство-время есть результат наложения гравитационного поля Вселенной на Хаос. Гравитационный потенциал, создаваемый всей массой Вселенной, ограничивает неопределённость в хаотическом движении тел*», но так как «*масса Вселенной всё же конечна, то существует оставшаяся от Хаоса неопределённость в движении*» [Там же, с. 115]. *Причина* хаотического *движения* атомов - пустота-небытие, так считали древние атомисты. *Причина хаотического* движения квантовых объектов - Хаос-небытие, так считает Янчилин.

4. Новая интерпретация предлагает новую модель электрона: «*Предлагается считать электрон дискретно движущейся точкой и поэтому находящейся в данный, сколь угодно малый, но конечный промежуток времени в определённой области фазового пространства*» [Там же, с. 106]. Отвергается старое положение о бесконечно большой энергии точечного электрона.

5. Редукция волновой Ψ-функции, то есть уменьшение до нуля неопределённости в положении электрона в пространстве, может происходить со сколь угодно большой скоростью, то есть больше скорости света. Это не противоречит ТО, так как в этом случае «*ни масса, ни заряд, ни энергия не перемещается со скоростью, превышающей скорость света*» [Там же, с. 107]. «*Более того, необходимо отметить, что если бы редукция волновой Ψ-функции происходила со скоростью меньшей, чем скорость света, то именно тогда возникли бы противоречия с теорией относительности*» [Там же, с. 108].

6. Весьма интересное развитие получает копенгагенская идея виртуального облака: «*Таким образом, если волновой пакет (виртуальное облако), в котором электрон совершает хаотическое (дискретное) движение, имеет возможность расщепиться на две половины, то он, расщепившись на два волновых пакета, может двигаться в различных направлениях*» [Там же, с. 109]. При этом совершенно не имеет значения, как далеко эти две половины разойдутся, хоть по разным концам Вселенной. Движение-то дискретное, электрону вовсе не надо преодолевать в классическом смысле расстояние между двумя половинами некогда единого виртуального облака, ему достаточно просто туда телепортироваться, он даже «не заметит» этого разрыва облака. Идея быстрого перемещения на большие расстояния в пространстве в обход фундаментального запрета, налагаемого скоростью света, перестаёт быть чем-то фантастичным, здесь эта возможность фактически постулируется.

7. Сохраняется *нелокальность квантовой теории*, то есть дальнодействие между удалёнными частями квантовой системы. Например, если одна из половин разорванного виртуального облака осуществит взаимодействие с классическим объектом, то есть электрон «проявит», «обнаружит» себя в этом взаимодействии, то вторая половина виртуального облака, как бы далеко она ни находилась, исчезает.

8. Время необратимо. «*Таким образом, если процесс редукции волновой Ψ-функции (виртуального облака) обратить во времени, то такой, обращённый во времени, процесс будет противоречить законам теории относительности. Поэтому процесс редукции волновой Ψ-функции делает физическое взаимодействие необратимым во времени*» [Там же, с. 115]. Так что древняя мудрость о невозможности дважды войти в одну реку получила теоретическое обоснование. Хотя точку здесь ставить, возможно, преждевременно: научно

доказывается лишь необратимость физического взаимодействия, время - это всё же несколько иное понятие, гораздо более сложное и, в принципе, даже неопределяемое. Никто, пожалуй, сейчас с полной уверенностью не скажет: «Я знаю, что такое время и я говорю правду». Ведь высказывается же сегодня гипотеза о том, что если наша Вселенная после прохождения пика своего расширения начнёт сжиматься (а не расширяться бесконечно до аннигиляции всего вещества в ней - это вторая гипотеза), то есть вероятность, что и её пространство-время будет обращено вспять. Предположение это вполне логически оправдано и пока осмеянию не подвергалось.

9. Корпускулярно-волновой дуализм сохраняется, но не как неопределённость, а как вполне объяснимое явление: «*Таким образом, в новой интерпретации предлагается рассматривать движение квантового объекта как комбинацию двух движений: непрерывного движения волновых пакетов и дискретного движения квантового объекта внутри этих волновых пакетов*» [Там же, с. 116].

Значение этой интерпретации квантовой механики Янчилин оценивает следующим образом: «*Итак, новая интерпретация квантовой механики позволяет объяснить, во-первых, откуда взялась неопределённость в микромире. Во-вторых, как неделимый электрон ухитряется пройти через два отверстия одновременно. В-третьих, как физически осуществляется механизм дальнодействия (нелокальность квантовой механики). В-четвёртых, что в действительности описывает волновая Ψ-функция, и как происходит процесс её редукции. В-пятых, почему квантовый объект ведёт себя то как частица, а то как волна (корпускулярно-волновой дуализм). И, наконец, в-шестых, новая интерпретация объясняет необратимость времени на самом фундаментальном уровне (например, для процессов, происходящих при участии только двух частиц)*» [Там же].

Новая интерпретация устраняет былые неопределённость и неполноту, раздвоение квантовой механики, былые парадоксы, но имеет опять же парадоксальное следствие: вблизи больших масс и из-за расширения Вселенной мировые константы вроде c, $\hbar$ и m_e будут изменяться, то есть, фактически, в мире нет ничего постоянного, константы - это вовсе не константы в абсолютном понимании, даже они стали понятием относительным. Сделав интерпретацию квантовой механики ясной и прозрачной до такой степени, что её стало возможно «объяснить даже буфетчице», Янчилин, фактически, вышиб из-под ног физиков единственную оставшуюся твердь - мировые константы, уничтожил последние остатки космологической абсолютизации, заложенной ещё Ньютоном. Поистине эйнштейновски смелый шаг. А насколько этот шаг будет оправдан, покажут дальнейшие исследования в этой области физики.

Поскольку постоянная Планка - фиксированная величина, а масса даже пылинки несоизмеримо больше массы того же электрона, то волновые свойства макрообъектов оказываются ничтожно малыми (чрезвычайно малая длина волны), чтобы быть замеченными в классической теории. Теория де Бройля же наделила волновыми свойствами все вещественные объекты, в том числе и макротела, которые можно увидеть даже невооружённым глазом. Янчилин расширил представления де Бройля, исходя из главного вывода новой интерпретации квантовой механики. Из неравенства Гейзенберга легко видеть, что неопределённость в движении определяется постоянной Планка - величиной очень малой. Но если отбросить постулат о неизменности мировых констант, то получится весьма интересная картина, не входящая, между тем, в противоречие с теорией де Бройля. «*Именно поэтому* (из-за неизменности постоянной Планка - авт.) *волновые свойства кирпича в обычных условиях практически не проявляются. Но если неопределённость в движении тел за пределами Вселенной* (т.е. за пределами действия всех масс Вселенной - авт.) *значительно возрастёт (значительно возрастёт величина постоянной Планка), то волновые свойства кирпича станут наблюдаемы. И кирпич запросто сможет пролететь по различным путям одновременно, также как это делает электрон при обычных условиях*» [Там же, с. 37]. Иными словами, «на краю Вселенной» любое макротело будет вести себя как волна самым заметным образом.

В квантовой механике Янчилина можно проследить (особенно при внимательном чтении его книги, а здесь - пункта 9) перемешивание, соединение вместе дискретного и континуального начал нашего мира, их симбиоз. До этого в науке, пожалуй, господствовал преимущественно один полюс: непрерывность - у элеатов, дискретность - у атомистов, непрерывность в эпоху Нового времени, связанная с открытиями в математическом анализе, дискретность - в конце эпохи классической науки (кванты Планка), непрерывность - в начале XX века (пространственно-временной континуум Минковского-Эйнштейна и движение в нём) и вновь дискретность в идеях квантовой механики в первой трети XX века. Главная идея этого симбиоза: в пространственно-временном континууме, который *непрерывен* в строгом математическом смысле (отвергаются дискретизирующие его гипотетические планковские величины), движение частицы *дискретно* в строгом математическом смысле.

Список литературы

1. **Бриллюэн Л.** Научная неопределённость и информация / пер. с англ.; под ред. и с послесл. И. В. Кузнецова. Изд. 3-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 272 с.
2. **Бройль де Л.** Соотношения неопределённостей Гейзенберга и вероятностная интерпретация волновой механики (с критическими замечаниями автора) / предисл. и дополняющие замечания Ж. Лошака; пер. с франц. М.: Мир, 1986. 344 с.
3. **Гейзенберг В.** Физика и философия. Часть и целое / пер. с нем. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 400 с.
4. **Данин Д. С.** Вероятностный мир. М.: Знание, 1981. 208 с.

5. **Мигдал А. Б.** Квантовая физика и Нильс Бор. М.: Знание, 1987. 64 с.
6. **Соломатин В. Ф.** «Чудовища» копенгагенской интерпретации квантовой механики // Философский век: альманах. СПб., 1998. Вып. 7. Между физикой и метафизикой: наука и философия / отв. ред. Т. В. Артемьева, М. И. Микешин. С. 247-249.
7. **Янчилин В. Л.** Неопределённость, гравитация, космос. М.: Едиториал УРСС, 2003. 248 с.

УДК 101.1

Евгений Валериевич Ковешников
Уссурийский государственный педагогический институт

ПРЕДОПРЕДЕЛЁННОСТЬ (ДЕТЕРМИНИЗМ) И СПОНТАННОСТЬ: ПРОБЛЕМА ДВУХ ПАРАДИГМ ДВИЖЕНИЯ В ПРИРОДЕ©

История вопроса детерминизма (от англ. *determine* - определять; устанавливать; обусловливать), справедливости ради будет замечено, началась давно и уходит корнями в далёкие времена Античности. Учение атомистов разделило всю Вселенную на две части: бытие (атомы) и небытие (пустоту). «*Миры возникают из атомов, несущихся в мировом пространстве («великой пустоте»), благодаря* ***вихревым движениям****, разделяющим первоначальные* ***хаотические*** *скопления атомов на скопления, однородные по форме и величине входящих в них атомов*» [4, с. 80]. В картине мира, предложенной Демокритом, присутствуют два фундаментальных процесса: *возникновение* новых миров (и *разрушение* старых) и *движение* атомов в мировом пространстве пустоты. Процессы возникновения и разрушения предопределены, логически обоснованы и, так сказать, узаконены. Про предопределённость движения атомов ничего сказать нельзя. Известно лишь, что двигателем для каждого атома служит пустота, а атомы в своих вихревых движениях подобны пылинкам в лучах солнечного света. Однозначной уверенности, прописывает ли Демокрит законы движения атомов, нет у современных философов. Эта проблема волновала и последователей атомистического учения. «*Спонтанные отклонения введены Эпикуром для спасения картины мира от фаталистической детерминированности, которая кажется ему более угнетающей идеей, чем религиозный фатализм. <…> Чтобы картина мира не зашла в тупик естественнонаучного фатализма, Эпикур допускает в самых элементарных процессах природы, в* ***движении атомов****, некоторые* ***спонтанные****, не вызванные механической необходимостью* ***отклонения***» [Там же, с. 89].

Аристотель тоже задумывался над этой проблемой случая и предопределённости: «*В числе причин называют также* ***случай*** *и* ***самопроизвольность*** *и говорят, что многое и существует и возникает благодаря случаю и самопроизвольно. Каким образом случай и самопроизвольность принадлежат к указанным выше причинам, [далее], означают ли случай и самопроизвольность* ***одно*** *и то же или [нечто]* ***разное*** *и, вообще,* ***что такое случай и самопроизвольность*** *- это надо рассмотреть. Ведь некоторые сомневаются, существуют они или нет; они утверждают, что* ***ничто не происходит случайно****, но для всего, возникновение чего мы приписываем самопроизвольности или случаю,* ***имеется определенная причина****; например, если кто-либо вышел на [рыночную] площадь и случайно встретил там кого желал, но не предполагал увидеть, то причиной этого было желание пойти купить что-нибудь. Равным образом и относительно* ***всего прочего, что называется случайным, всегда можно найти определённую причину, а не случай****, так как поистине показалось бы странным, если бы случай представлял собой что-нибудь, и всякий стал бы недоумевать, почему никто из древних мудрецов, указывая причины возникновения и уничтожения, ничего не выяснил относительно случая; однако, по-видимому, и они полагали, что ничто не существует случайно*» [1, II, 4]. Спустя века нечто подобное будет говорить и Лаплас.

Пьер Симон Лаплас (1749-1827) жил в эпоху Нового времени, эпоху рационализма, эпоху классической науки. В то время существовало множество научных представлений и подходов в понимании Мира: натурализм, комбинаторность, квантитатизм, аналитизм, геометризм и т.д. Особо следует отметить подход *механицизма* в науке того периода. «*Механицизм - гипертрофия механики как способа миропонимания. Господствует редукционистская идеологема о мире-машине и человеке-автомате, которые ввиду этого доступны познанию*» [7, с. 85]. Именно на таком подходе и был основан *детерминизм* Лапласа. Это уже не просто философские рассуждения, это механико-математическая трактовка проблемы.

В чём заключается идея этой программы? Вот слова самого Лапласа: «*Мы должны рассматривать* ***современное*** *состояние Вселенной как результат её* ***предшествовавшего*** *состояния и* ***причину последующего****. Разум, который для какого-то данного момента знал бы все силы, действующие в природе, и относительное расположение её составных частей, если бы он, кроме того, был достаточно обширен, чтобы подвергнуть эти данные анализу, обнял бы в* ***единой формуле*** *движения самых огромных тел во Вселенной и самого лёгкого атома; для него не было бы ничего неясного, и будущее, как и прошлое, было бы у него пе-*

© Ковешников Е. В., 2011