

Я. Ходатаев А. Орлов

**Объективная и доопределяющая интерпретации квантовой
механики как шаг к синтезу физики и холистической
метафизики**

Часть 1.

ИЦ «Шечен»

2007

Я.Ходатаев, А.Орлов

Объективная и доопределяющая интерпретации квантовой механики как шаг к синтезу физики и холистической метафизики (Часть 1). Препринт; Москва, Шечен, 2007 – 32 с. ISBN 5-93980-017-3.

В статье обсуждаются перспективы развития холистического подхода к проблеме глубокого размежевания различных областей знания, имеющей место в рамках современного западного менталитета. Данный подход подразумевает построение общего методологического и мировоззренческого базиса, универсальной парадигмы, позволяющей рассматривать с единых позиций как научное знание, так и те или иные холистические метафизические системы. Авторами проведен анализ основных препятствий на пути к построению такой универсальной парадигмы, выделены метафизические системы, а также научные теории, представляющиеся наиболее перспективными с точки зрения поставленной задачи. Отмечено, что в сфере метафизики наибольший интерес представляют различные инициативные системы, опирающиеся на йогический опыт как основание знания (тантрический буддизм, читтаматра, кашмирский шиваизм, неоплатонизм и др.); в научной сфере особо выделена квантовая механика. Дан краткий обзор основных существующих интерпретаций квантовой механики, их преимуществ и недостатков как с физико-математической, так и с мировоззренческой точек зрения. Показано, что наиболее перспективной в рамках холистического подхода представляется объективная интерпретация, предложенная Джоном Беллом в 1984 г. Суть формализма данной интерпретации наглядно проиллюстрирован на примере динамики конкретной модельной системы (осциллятор между двумя барьерами), ярко проявляющей как преимущества, так и недостатки данного подхода. Установлено, что динамика квантовых систем в рамках интерпретации Белла, вообще говоря, не совместима с наглядными кинематическими представлениями даже в квазиклассическом случае. Также выявлена глубокая роль эффектов материальной памяти в теории Белла, а также показана возможность прямого информационного воздействия различных материальных запоминающих устройств на динамику квантовых систем, естественным образом проявляющегося в данном формализме.

Во второй части статьи будет рассмотрена доопределяющая интерпретация квантовой механики, предложенная авторами в развитие идей Белла с целью преодоления ряда недостатков объективной интерпретации, выявленных в рамках данной работы.

© Я.Ходатаев, А.Орлов, 2007

ISBN 5-93980-017-3

© ИЦ Шечен, 2007

1. Введение

Как известно, ментальное пространство современного западного мира характеризуется разобщенностью различных областей знания и отсутствием единой мировоззренческой парадигмы, чем качественно отличается от ментальных пространств древних традиционных цивилизаций. Наиболее ярко данный момент проявляется во взаимоотношениях наук о духе (гуманитарные науки и ряд направлений в современной психологии) и наук о материи (т.е. естественные науки – физика, химия, биология и т.п.). В то время как в древности (в частности, в рамках античной цивилизации) эти два аспекта реальности описывались в рамках единой метафизической системы, в наши дни каждая из них характеризуется своими специфическими способами описания, сущностно отличными друг от друга. Но так как совокупный человеческий опыт охватывает как физическое, так и духовное, то неизбежно возникает проблема рефлексии отношений этих двух аспектов реальности. Здесь можно выделить следующие три наиболее известных и широко практикуемых подхода.

Первый из них есть отказ от метафизической¹ проблематики как таковой, и в рамках данного подхода сама проблема взаимоотношения физического и духовного, а также способов их описания, теряет всякий смысл. Среди философских направлений к нему можно отнести, например, эмпиризм, позитивизм и прагматизм².

Второй – это подход размежевания, согласно которому на метафизическом уровне утверждается сущностное различие физического и духовного, откуда автоматически следует дуализм в области методологии их познания и описания.

Одним из первых осознанных идеологов данного подхода в среде ученых (и философов) был Декарт. Согласно философии Декарта (т.н. Декартовский дуализм) в основе бытия пребывает Бог и две основные сотворенные им субстанции: душа (сознание), сущность которой состоит в мышлении; и материя, сущность которой состоит в протяженности. Декарт описывал сознание и материю как два принципиально различных понятия и полагал, что задача всей человеческой науки состоит в их «хорошем различении», в приложении каждого из них только к тем вещам, к которым они применимы. По мнению Декарта для грамотного философствования и строгого построения научного знания требуется прежде всего *«чистота» (несмешение) принципов описания сознания и материи.*

Такого рода подход остается довольно популярным и в наши дни, причем одним из наиболее активных его пропагандистов является христианская церковь. Данное обстоятельство ни в коей мере не является удивительным. Ведь данный подход был и есть мощный противовес влиянию герметизма, неоплатонизма и т.п., резкий всплеск интереса к которым на западе имел место во времена эпохи Возрождения и, с теми или иными колебаниями, продолжается до сих пор. Церковь в наше время уже не имеет возможности запрещать те или иные воззрения, объявляя их еретическими и преследуя их

¹ Термин *«метафизика»* (греч. meta ta physika, букв. «после физики») в контексте данной статьи – это свод учений о трансцендентальных основах и принципах бытия и познания, представляющих собой сферу априорного (т.е. предваряющего опыт) знания нашей души, конституирующего весь совокупный человеческий опыт во всех его аспектах.

² Эмпиризм – это направление в теории познания, которое всякое познание выводит из чувственного опыта, и, исходя из этого, требует, чтобы научное познание основывалось и проверялось лишь чувственным опытом.

Позитивизм утверждает, что смысл любого научного утверждения кроется в способе его проверки (то есть в проведении эксперимента). Если утверждение не может быть проверено экспериментально, то оно не имеет никакого смысла.

Прагматизм же исходит из того, что истинность или ложность того или иного утверждения определяется тем, полезно ли оно нам в нашей практической деятельности или же нет.

последователей. Но ее представители прекрасно понимают, какое огромное влияние на социум имеет современная наука. Покуда же в науке в качестве метафизического базиса господствует декартовский дуализм, можно быть уверенным в защищенности сферы науки от влияния тех или иных враждебных церкви эзотерических воззрений³. Следует отметить, что и в среде ученых такого рода взгляды являются достаточно распространенными. В частности, это проявляется в том, что многие известные ученые успешно совмещали (и продолжают совмещать) преданность научной методологии с религиозностью, находя такое сочетание вполне естественным.

Третий – это холистический подход, в рамках которого физическое и духовное рассматриваются с единых позиций в рамках единой метафизической парадигмы. Такого рода метафизические системы мы далее будем называть «холистической метафизикой».

Данного подхода придерживаются как последователи различного рода эзотерических учений, так и ряд ученых, стремящихся с единых позиций осмыслить и физическое, и духовное. Естественно, что перед последователями холистической метафизики, живущими в эпоху НТР, встает вопрос об их отношении к современной науке. Здесь можно выделить три наиболее распространенные позиции.

Первая из них – это отрицание какой либо ценности современной науки. Так, например, наиболее радикальные представители данного подхода – традиционалисты (Генон и др.) – отрицают ценность технического прогресса, оценивая состояние современного мира как крайнюю степень упадка и считая научное мировоззрение апофеозом профанического видения.

Вторая из них – это рассмотрение эзотерической холистической метафизики и современной науки как двух взаимно дополнительных способов описания реальности, каждый из которых имеет смысл в своей области применимости. То есть здесь мы имеем нечто вроде принципа дополнительности Бора в социально-гносеологической сфере.

Третья позиция – это позиция синтеза современной науки и холистической метафизики, поиск путей к построению *универсальной парадигмы*, объединяющей методологии физики и метафизики в рамках единой последовательной системы знания. В определенном смысле указанное направление можно рассматривать как восстановление традиций античного универсализма на новом, более зрелом уровне, с учетом всех современных достижений цивилизации.

Хотелось бы заметить, что в прошлом уже имели место неоднократные попытки пройти по этому пути, но они, к сожалению, не привели к сколько-нибудь значимым результатам. Наиболее интересным направлением в данной области можно считать трансперсональную психологию. В этом проекте участвовали ученые из самых различных областей знания, в том числе и теоретической физики⁴. Но, не взирая на все усилия, создание физической теории, способной гармонично сочетаться с холистической метафизикой, так и не было осуществлено. Как показывает анализ, это было связано с тем, что ученые, участвующие в проекте «трансперсональная психология», не уделили должного внимания выявлению и критическому анализу действительных метафизических оснований современной науки, а также не предприняли последовательных и осознанных усилий по формированию нового метафизического базиса науки. Были просто попытки приспособить те или иные слегка модифицированные физические теории к представлениям, взятых из тех или иных эзотерических доктрин. Но так как основания используемых теорий лежали в философских воззрениях, по своей сути несовместимых с холистической метафизикой, то, естественно, ничего путного из всех этих попыток получиться не могло.

³ По существу католическая церковь дальновидно встала на путь размежевания физики и метафизики еще во времена Декарта. В частности, известно, что и сам Декарт (несмотря на свой имидж ниспровергателя традиций) пропагандировал собственную дуалистическую философию под покровительством католической церкви в лице братьев-иезуитов.

⁴ Так, к последним можно отнести известного физика Д. Бома.

Но, не взирая на все трудности, по мнению авторов именно синтетический подход открывает наибольшие перспективы для дальнейшего развития нашего знания, раскрытия истинного потенциала западной цивилизации. Не втягиваясь в дискуссию со сторонниками других подходов, авторы констатируют свою приверженность пути построения универсальной парадигмы и далее в рамках данной статьи концентрируются не столько на критике оппонентов, сколько на развитии собственных конструктивных идей в данном направлении.

2. Два ключевых препятствия на пути к синтезу

Очевидно, что создание универсальной парадигмы является непростой задачей, в особенности с учетом того, насколько глубока на сегодняшний день пропасть между философскими воззрениями, лежащими в основе современной физики, и холистической метафизикой. Поэтому первый шаг к их синтезу, вообще говоря, должен состоять в осознании, анализе противоречий между этими двумя системами знания. К сожалению, в рамках данной статьи у нас нет возможности рассмотреть данный вопрос детально. В связи с этим мы ограничимся формулировкой двух ключевых аспектов такого рода противоречий, которые можно отнести к числу основных и которые наиболее существенны для понимания смысла результатов исследований, изложенных далее.

Как уже отмечалось выше, метафизическим базисом современной науки о природе является философия Декарта⁵. Поэтому в данном разделе мы обсудим ключевые противоречия между воззрениями Декарта и холистической метафизики.

1. Фундаментальный дуализм материи и сознания (1)

Как уже отмечалось выше, философия Декарта исходит из дуализма души (мышления) и материи (протяженности), которые есть созданные богом и независимые друг от друга субстанции. Более того, согласно Декарту природа является сложной, лишенной души машиной (то же самое касается и животных, представляющих собой бездушные автоматы), механизмом. То же самое касается и человеческого тела, в которое непостижимым образом воплощена мыслящая непротяженная субстанция - душа. Причина и способ соединения тела и души – тайна, ведомая лишь Богу.

Вообще следует заметить, что среди древних метафизических учений тоже существует немало дуалистических (например, можно указать индуистскую санкхью), однако, ни одно из них не идет так далеко по пути размежевания материи и сознания, как дуализм Декарта. В частности, упомянутая санкхья, хотя и рассматривает материю и дух как две различные сущности, вовсе не утверждает, что они не допускают рассмотрения с единых позиций⁶. Уникальной особенностью Декартовой версии дуализма является именно требование *размежевания методологий*: если мы исследуем материю, мы должны исследовать *только* материю средствами, предназначенными *только* для материи; если мы исследуем душу, мы должны исследовать *только* душу средствами, предназначенными *только* для души.⁷ Современная точная наука в этом отношении

⁵ Прагматизм, эмпиризм и т.п. есть просто отрицание любой разновидности метафизики. Хотелось бы заметить, что они не являются реальными основаниями современной физики, а просто используются большинством ученых как варианты личного мировоззрения. То, что они не есть базис физики, следует хотя бы из того, что из эмпиризма или прагматизма не следуют какие-либо выводы относительно соотношения духа и материи. В то же время в современных науках о природе явно или неявно присутствует запрет на построение теорий, в которых серьезно и последовательно рассматривалась бы возможность прямого воздействия сознания на материю и т.п. Этот запрет не может вытекать из эмпиризма, прагматизма и т.п., но очень логично следует из философии Декарта.

⁶ К тому же процессы мышления, которые Декарт относил к душе, в санкхье есть результат взаимодействия пуруши (духа) и пракрити (материи).

⁷ Когда же возникает задача исследования человека, принципиально находящегося на пересечении души и материи (тела), Декарт вводит третью сущность – «единство души и тела» и именует ее специальным

строго следует заветам Декарта, представляя собой именно такого рода метод «только для материи». Она рисует природу как самозамкнутый, самодостаточный материальный объект, который не нуждается в опоре на мир духа и в котором, в принципе не видно места, где бы мог бы проявиться дух. В мире современной физики дух не присутствует и не нужен.

Что же касается тех или иных древних холистических метафизических систем, то они, конечно, с одной стороны, никогда не отказывались от изучения и описания материального мира, с другой стороны – никогда не настаивали на выделении натурфилософии в некую фундаментально обособленную дисциплину. Возникает вопрос: как относиться к древним натурфилософским представлениям? При их изучении возникает двойственное чувство. Так, среди традиционных описаний внешнего мира можно найти действительно оригинальные идеи, заслуживающие внимательного отношения (как, например, описания различных лок, измерений бытия в буддийской, индуистской и бонских традициях, теория трех гун в индуизме и т.п.). Но все эти достаточно нетривиальные концепции соседствуют с совершенно детскими для XXI века сказками о плоской земле, покоящейся на слонах, черепахах и т.п., каковые на фоне достижений современной науки часто выглядят настолько наивными, что порой просто не могут приниматься всерьез. Причины такого положения вещей в общем-то нетрудно понять. Для многих метафизических учений законы природы не являлись основным предметом исследования, поэтому в их описаниях вселенной неизбежно присутствовали «дыры», слабые места, заполнявшиеся догадками, фантазиями, мифологемами или же иносказаниями. Движение по пути синтеза физики и метафизики подразумевает среди прочего безжалостную ревизию такого рода отживших представлений, а также осознание сильных и слабых сторон методологий каждой из рассматриваемых систем знания.

2. Принцип самодостаточности актуального (СДА) (2)

Второе фундаментальное противоречие между философским базисом современной физики и холистической метафизикой касается взаимоотношения философских категорий актуального (проявленного) и потенциального (возможного). Декарт, как известно, практически исключил из рассмотрения последнюю категорию, сведя свой анализ к рассмотрению только актуального (проявленного) бытия⁸. Это, в частности, выразилось в его тотально детерминистской концепции природы, которую он считал огромным отлаженным механизмом, машиной, созданной Богом (т.н. концепция «бога-часовщика»⁹). Декартов детерминизм, автоматизм природы, проявившийся в наиболее ярком виде в форме законов классической механики, может быть выражен краткой формулой «актуальное порождает актуальное»: текущее (актуальное) состояния системы однозначно определяет и порождает её состояние в следующий момент времени. Неважно, в каких состояниях система находилась в прошлом; неважно, какие её состояния являются в принципе возможными, но пока не реализовались; все, что нужно знать о системе, о мире – это его текущее состояние. Заметим, что принцип СДА является одним из фундаментальных положений, определяющих видение и направление развития современной науки. С открытием квантовых закономерностей физика была вынуждена отказаться (с огромным сожалением, следует заметить) от концепции детерминизма,

термином. При этом подразумевается, что для её исследования также должен использоваться специфический метод «только для единства души и тела», который должен быть четко отделен от метода «только для души» и метода «только для материи». Таков специфический подход Декарта.

⁸ Декарт в данном вопросе очень существенно отошел от античных представлений. Как Аристотель, так и неоплатоники четко различали действие (энергичное начало) и потенцию (способность). Декарт же эти две сущности отождествляет. Также немаловажно отметить, что Декарт отрицал существование целевой причины вещей, каковая фактически представляла согласно древним воззрениям их эйдос. [15]

⁹ Мир является механической системой, и Бог создал его, задав для него начальные условия. После акта творения мир уже не нуждается в божественном вмешательстве подобно тому, как хорошие часы не требуют руки часовщика после того, как они им уже собраны.

однако, по существу принцип СДА по-прежнему лежит в её основе: все физические закономерности формулируются на языке замкнутого описания текущего (актуального) состояния мира, которое полностью определяет свою дальнейшую динамику (либо точно, либо вероятностно).¹⁰

Также как и проблема дуализма материи и сознания, принцип СДА является одним из ключевых препятствий к синтезу физики и холистической метафизики. Дело в том, что в холистических метафизических моделях измерение актуального (проявленного) и измерение потенциального (возможного) рассматриваются в неразрывной связи, и исключение категории потенциального из числа существенных компонентов бытия с метафизической точки зрения представляется неприемлемым упрощением описания мира. Чтобы проиллюстрировать то, какого рода идеи могут стоять за концепцией потенциального в метафизике, приведем следующий пример, который будет понятен не только философу, но и физику. Рассмотрим классическую механическую систему, имеющую N степеней свободы. Текущее (актуальное) состояние системы описывается парой N -мерных векторов обобщенных координат и импульсов, а его эволюция определяется известной системой уравнений Гамильтона:

$$\begin{cases} \frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial p_i} \\ \frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial q_i} \end{cases}$$

где H – гамильтониан механической системы, а q_i, p_i – ее обобщенные координаты и импульсы соответственно. Как известно, структура данной системы уравнений такова, что в рамках нее новое актуальное состояние системы может быть однозначно рассчитано исходя из предыдущего актуального состояния. Однако, помимо актуального состояния системы в механике могут рассматриваться также и такие математические объекты, как, например, множество всех решений системы уравнений Гамильтона. Возникает вопрос, где пребывает это множество? Очевидно, что оно может находиться только в сфере потенциального, поскольку речь идет о вариантах динамики системы, которые могут реализоваться, но не реализовались. Далее может быть задан вопрос, откуда же возникают текущие состояния системы? Действительно ли они порождаются предыдущим актуальным состоянием (по принципу СДА), или они проецируются из пространства решений (то есть, из измерения потенциального)? Если мы отказываемся рассматривать мир потенциалов в качестве существенной компоненты онтологии, вторая трактовка становится недоступной для нас – не хватает терминов для ее формулировки¹¹.

На данном примере мы видим, что исключение из рассмотрения понятия сферы потенциалов резко сужает возможности метафизической интерпретации физико-математических моделей, что как правило приводит к появлению разнообразных натяжек, проблемных точек в их философском понимании. Так, возвращаясь к обсуждавшемуся выше примеру, последовательное применение принципа СДА вынудит нас признать

¹⁰ Если вдуматься, данный философский принцип является глубоко нетривиальным утверждением, имеющим совершенно конкретные математические последствия (реальные ограничения математической формы исследуемых закономерностей). И хотя, следуя принципу СДА, наука действительно добилась выдающихся достижений, это, однако, не дает повода для его абсолютизации. То измерение физических закономерностей, которое открылось современной науке, действительно удивительно и представляет для нас огромную ценность, однако, было бы наивным полагать, что оно включает в себя весь мир, все бытие. Скорее, так называемая научная картина мира – это одно из возможных «подпространств» бытия, заданное исходной аксиомой, начальным вектором развития – принципом СДА.

¹¹ Любопытно отметить, что с точки зрения аналитической математики второй вариант (порождение актуального состояния системы путем проецирования решения из измерения потенциалов) выглядит более естественным, поскольку мышление математика оперирует скорее целостными образами (решениями), нежели чем их фрагментами (текущими состояниями). Что же касается первого варианта (порождение предыдущим моментом), такая модель скорее отвечает видению численного моделирования.

чисто номинальное бытие различных математических объектов, не связанных непосредственно с текущим состоянием системы (уравнений, их решений, пространств решений и т.п.). Номинальное бытие означает, что данных объектов нет в реальности, они не являются предметом онтологии, они существуют лишь в воображении исследователя, помогая ему объяснять и предсказывать явления природы. Однако, если речь идет об иллюзорных объектах, возникает вопрос, каким образом эти иллюзорные объекты имеют силу успешно объяснять и предсказывать реальность??¹² Данное логическое противоречие можно рассматривать как пример проблемной точки философской интерпретации математики, появившейся вследствие отказа от холистического подхода к описанию реальности. Оно не могло бы возникнуть, например, в рамках пифагорейской философии. Как известно, Пифагор рассматривал числа как первоначала бытия, обладающие *реальным* бытием в измерении потенций. И эти реальные числа (или, обобщая, реальные математические объекты) стоят за всеми актуальными проявлениями, которые мы способны воспринимать чувственно.

В определенном смысле исключение из рассмотрения концепции потенциального современной наукой можно трактовать как отказ физики от учета *трансцендентных* и *трансцендентальных* факторов бытия (независимо от того, какого рода факторы имеются в виду: идеальные или материальные). Ведь любые трансцендентные и трансцендентальные факторы имеют ту общую черту, что они выходят за рамки проявленного состояния. В принципе, любой физический закон, строго говоря, следует считать познаваемой нами трансцендентальной сущностью, поскольку его невозможно воспринять чувственно (увидеть, пощупать и т.д.), но при этом он определяет способ бытия чувственной реальности. Его можно только обосновать, опираясь на систему косвенных доказательств, причем ни одно из доказательств такого рода не будет абсолютным (чему имеется масса подтверждений в истории науки). Однако, с точки зрения современной физики все соображения такого рода выглядят малозначительными, поскольку, вновь привлекая образ мира-автомата, физика интересуется только программным кодом (software) этого автомата (конкретная форма законов природы), но не её «аппаратными средствами» (hardware) – элементами, обеспечивающими исполнение данной программы. Такого рода отношение в значительной степени вытекает из современной научной методологии. По этой причине, хотя на уровне «hardware» последовательное объяснение бытия материи в рамках принципа СДА практически не представляется возможным, в глазах физика данный факт не имеет особого веса – ведь «*программа*» материи, напротив, строго следует данному принципу. Вот, если бы были открыты какие-нибудь новые физические закономерности, доказывающие, что помимо актуального состояния системы имеются и другие факторы, влияющие на её динамику, это безусловно означало бы реальный выход за пределы СДА в сфере физики. Даже если бы речь шла о чисто материальных факторах¹³, это было бы очень важным шагом на пути к синтезу физики и метафизики. Тогда такого рода воздействия можно было бы трактовать как влияние *материальных трансцендентных* факторов и последовательно ввести в мировоззрение физика концепцию трансцендентного.

Итак, мы установили, что последовательное применение принципа СДА вызывает сложности при философской интерпретации физико-математических моделей уже на уровне классической механики. Однако, еще большие сложности возникнут при попытке применения его для описания бытия живых существ, которое несомненно намного сложнее динамики механических систем. Подробное описание проблем, возникающих при такой попытке, выходит за рамки настоящей статьи. Однако, в любом случае можно с

¹² В рамках дуалистической философии а-ля Декарт на данный вопрос мог бы быть дан число феноменологический ответ: мол, такова природа субстанции мышления, созданной Богом. Однако, это не есть ответ на вопрос, это лишь констатация отсутствия ответа.

¹³ К числу закономерностей такого типа могли бы относиться, например, эффекты памяти системы, не опосредованные материальными носителями (прямое воздействие прошлого на будущее).

уверенностью утверждать, что в холистических метафизических моделях понятие сферы потенциалов в том или ином виде присутствует в качестве существенной онтологической компоненты. Особенно ясно эта сфера выделена в тех метафизических системах, которые опираются на йогический опыт как на основание знания:

- ✓ в тантрическом буддизме сфера потенциалов ассоциирована с измерением Дхармакаи (см., например, [8,13])
- ✓ в читтаматре сфера потенциалов ассоциирована с Алаявиджняной (см., например, [16])
- ✓ в кашмирском шиваизме сфера потенциалов ассоциирована с Пашьянти (см., например, [12])
- ✓ в неоплатонизме¹⁴ сфера потенциалов ассоциирована с Единым (см., например, [18])
- ✓ и др.¹⁵

Следует заметить, что с точки зрения поставленной нами задачи синтеза физики и холистической метафизики перечисленные системы представляют для нас особый интерес, поскольку в их основе лежит ясная методология. Подобно тому, как в физике теоретические модели удостоверяются экспериментом над материальными объектами, в указанных системах метафизические доктрины удостоверяются внутренним медитативным опытом адептов. Подобно тому, как в физике развита экспериментальная наука, позволяющая воспроизводить результаты эксперимента в разных лабораториях, в инициатических школах имеется подробно разработанная система медитативных упражнений, дающая возможность адептам воспроизводить схожие состояния сознания и уровни реализации. Конечно, указанные аналогии не следует воспринимать буквально. Между физикой и инициатическими системами имеются и очень серьезные отличия, обусловленные различием в предметах исследования. Тем не менее, определенное родство методологий, отмеченное выше, можно рассматривать как позитивную основу для синтеза физики и метафизики¹⁶. В связи с этим перечисленные системы будут неоднократно упоминаться в дальнейшем для установления аналогий с научным знанием.

¹⁴ Хотя неоплатонизм является западной системой, он тем не менее также опирается на медитацию как на основу знания. Как известно, неоплатоники практиковали мистерии, представлявшие собой тайную инициатическую систему особых медитаций.

¹⁵ В рамках данной статьи авторы не имеют возможности дать сколько-нибудь полный обзор достойных внимания метафизических моделей, поэтому здесь и далее обсуждаются в основном те системы, которые хорошо известны авторам и с которыми они поддерживают персональную связь. В определенном смысле объединение различных метафизических моделей под общим термином «холистическая метафизика» является неточным и рискованным, учитывая те глубокие и принципиальные различия, которые могут существовать между данными моделями. В то же время, такой подход все же можно принять в качестве «нулевого» приближения, учитывая то, что большинство из упомянутых различий просто меркнет на фоне той пропасти, которая отделяет все эти метафизические системы от мировоззрения современной западной науки.

¹⁶ Интересно отметить в данной связи, что кризис западной метафизики, имеющий место в настоящее время, обусловлен именно методологическими проблемами. К сожалению, в силу ряда факторов начиная со средневековья на Западе были прерваны линии передач инициатических систем, утрачены традиции медитативной практики. В результате классическая западная метафизика выродилась в схоластику – чисто теоретическое знание, достоверность которого по понятным причинам стала вызывать сомнения. Одним из первых последовательных критиков такого способа философствования стал Кант, который в своей знаменитой работе [14] совершенно обоснованно доказал несостоятельность схолистической метафизики, опирающейся исключительно на рассудок и догматы. В дальнейшем развитие западной философии привело к почти единодушному отказу от традиций метафизического знания, что было вполне естественным, учитывая утрату связи философии с инициатическими системами, имевшую место на Западе. Данное обстоятельство лишний раз подтверждает тот факт, что человеческий рассудок, оперирующий в рамках формальной логики, сам по себе не способен быть источником достоверного знания. Должны иметься какие-либо иные основания знания помимо рассудка, в противном случае исследователь рискует заблудиться среди возведенных им самим иллюзий. Данное обстоятельство было в равной степени (хотя и с совершенно различных позиций) осознано как на Западе, так и на Востоке. Можно сказать, что в рамках современной западной цивилизации таким дополнительным основанием стал эксперимент над материей, в то время как в рамках традиционной восточной цивилизации – йогический, медитативный опыт.

Как уже было отмечено, редукция к принципу СДА является неприемлемой для холистических метафизических систем. Что же касается перечисленных выше инициатических школ, для каждой из них такая редукция привела бы к совершенно разрушительным последствиям, затрагивая не только область теоретических знаний, но и сферу практического опыта. Известно, что в основе многих медитативных практик лежит возможность установления непосредственного контакта практикующего с измерением потенциалов. Именно такой контакт создает базу для достижения реализации, является источником достоверной мистической интуиции – и т.д. Если мы вдруг объявляем, что сфера потенциалов обладает чисто номинальным существованием, существует лишь в воображении мистика, является иллюзией – тем самым мы просто перечеркиваем инициатическую систему как таковую.

Таким образом, мы установили, что принцип СДА не может рассматриваться в качестве серьезного основания истинно метафизического знания, поскольку он подрывает его базовые основы. Теперь возникает вопрос: играет ли этот принцип столь ключевую роль для научной парадигмы, что, отбросив его, наука потеряет всю свою эффективность и перестанет быть сама собой? Отнюдь. Как уже говорилось выше, принцип СДА является скорее граничным условием современной науки, нежели чем его сущностной основой. Возможно, на определенном этапе его формулировка позволила упростить задачу, сконцентрировав усилия на узком «участке фронта» за счет сужения контекста исследований, и благодаря этому осуществить прорыв к новой технологии. Однако, используя вольную аналогию с военным делом, всякий кинжальный прорыв должен быть рано или поздно поддержан наступлением по всему фронту – в противном случае атакующая группировка рискует оторваться от своих тылов и попасть в окружение. Поэтому в наши дни по мнению авторов как раз и настает время расширения контекста научных исследований и восстановления нарушенных связей. В этой связи попытки выхода за пределы принципа СДА выглядят не только приемлемыми для современной физики, но даже в некотором смысле логичным и представляющей интерес даже с её «внутрицеховой» точки зрения.

С учетом вышесказанного, одним из перспективных направлений исследований на пути к синтезу физики и холистической метафизики можно считать попытки разработки альтернативных физико-математических моделей, выходящих за пределы сформулированного выше принципа СДА (2). Именно такая цель является для авторов основной в рамках данной работы.

3. Краткий обзор современного состояния квантовой онтологии

Следует заметить, что в принципе, первый шаг к преодолению принципа СДА был сделан еще в начале XX века с открытием квантовой механики (КМ). Вообще, сама природа этой замечательной теории такова, что ее можно рассматривать как значительно более родственную принципам холистического метафизического знания по сравнению с ее предшественницей – классической механикой. С момента создания КМ был отмечен ряд интересных аналогий с некоторыми весьма нетривиальными метафизическими концепциями. Среди них можно указать, в частности:

- ✓ Взаимозависимость субъекта и объекта: в рамках КМ ключевую роль играет процесс измерения, который может быть проинтерпретирован как взаимодействие субъекта и объекта. При этом динамика самой измеряемой системы может протекать по-разному в зависимости от того, каким образом организовано данное субъект-объектное взаимодействие. Таким образом, в КМ субъект и объект выступают не как две отдельные независимые сущности, а скорее как два взаимосвязанных аспекта единого целого. В этой связи можно усмотреть прямую аналогию с концепцией *недвойственности*, являющейся базовой для перечисленных выше инициатических систем. (3)

- ✓ Несепарабельность: в общем случае в рамках КМ различные подсистемы одной системы нельзя рассматривать независимо, полностью отделять их друг от друга, даже в те промежутки времени, когда они не взаимодействуют друг с другом. В этой связи можно усмотреть прямую аналогию с принципом *всеобщей связи* – еще одним широко распространенным метафизическим концептом. (4)

Как известно, КМ является индетерминистской теорией: в рамках нее начальные условия уже не определяют однозначно дальнейшую динамику системы. КМ дает возможность рассчитать вероятности различных состояний системы в будущем, однако, не определяет динамику системы однозначно. Заметим, что с метафизической точки зрения индетерминизм КМ также можно рассматривать как ее позитивную черту (по сравнению с классической механикой). Очевидно, что образ замкнутого материального мира-автомата, мира полной предопределенности, нарисованный Декартом, по существу является глубоко антиметафизичным, поскольку в нем вообще не остается места для проявления трансцендентного начала. КМ все же оставляет материальному миру определенную вариативность, свободу и потому с метафизической точки зрения выглядит более приемлемой картиной мира.

Также следует в целом заметить, что КМ более богата смысловым содержанием по сравнению со своей предшественницей. Ведь ньютоновская механика – вообще суть очень простая и наглядная теория, по сравнению с которой мир КМ выглядит значительно более богатым, разнообразным и интригующим, оставляющим больше пространства для мысли. Данное обстоятельство в частности проявляется в обилии известных интерпретаций этой теории. Так, Садбери [19] выделил девять основных интерпретаций КМ:

1. **Минимальная интерпретация**, приписываемая Бору¹⁷, согласно которой КМ трактуется в основном как инструмент для предсказания результатов экспериментов, а вопросы онтологического статуса данной теории просто не рассматриваются.
2. **Буквальная интерпретация**, которой по мнению Садбери неявно придерживаются авторы большинства современных учебников по КМ. Согласно данной точке зрения волновая функция является объективно существующей характеристикой системы, претерпевающей реальные изменения после каждого акта измерения.
3. **Объективная интерпретация** Белла [3], согласно которой текущее состояние системы всегда соответствует состоянию с каким-либо определенным значением некоторого набора переменных, причем система совершает мгновенные переходы между такими возможными состояниями с вероятностями, определяемыми путем решения уравнения Шредингера. Особенностью и преимуществом данной интерпретации является то, что она не нуждается в процедуре измерения как в базовом элементе теории.
4. **Эписистемная (субъективная) интерпретация**, согласно которой волновая функция характеризует не объективное состояние системы, а субъективное знание экспериментатора о данной системе. Соответственно, изменение волновой функции в результате измерения трактуется как изменение знания экспериментатора о системе после получения новой информации о ней.
5. **Интерпретация, использующая ансамбли** – данной точки зрения придерживался среди прочих Эйнштейн. Согласно этой интерпретации волновая функция не является объективной характеристикой системы, она может быть использована лишь для

¹⁷ Известно, что Бор активно использовал аргументы, характерные для минимальной интерпретации, для пропаганды КМ, изначально встреченной научным сообществом с глубоким недоверием. Однако, вопрос о том, каково было действительное собственное видение Бора, является более сложным. Многие его высказывания наводят на мысль, что на самом деле его точка зрения была не столь однозначна. В определенном смысле минимальной интерпретации придерживался также и Гейзенберг, который, как известно, не верил в объективное существование волновой функции и настаивал в этой связи на последовательном применении матричного варианта формализма КМ.

описания ансамблей одинаковых систем, предсказывая вероятности различных вариантов их динамики.

6. **Интерпретация, оперирующая относительным состоянием** Эверетта [10] признает, что волновая функция является объективной характеристикой системы при условии, что состояние системы понимается не как состояние системы в себе, а как состояние системы *относительно* всей остальной части вселенной.
- 6* **Интерпретация множества миров**, которая по мнению Садбери является версией предыдущей интерпретации, утверждает, что вселенная в действительности расщеплена на множество параллельных миров, каждый из которых отвечает одному из возможных результатов тех или иных измерений. Интерференция между различными компонентами волновой функции трактуется как взаимодействие, пересечение указанных параллельных миров [9].
7. **Квантово-логическая интерпретация** трактует индетерминизм КМ как неприменимость классической формальной логики, лежащей в основе всей современной математики, для описания квантовых объектов. Взамен сторонниками данной точки зрения была предложена особая *квантовая логика* (существенно отличающаяся от классической), в рамках которой КМ становится в определенном смысле детерминистской теорией.
8. **Интерпретации со скрытыми переменными** по существу ставят задачей развитие новой теории, *объясняющей* КМ. Существует широкий спектр теорий такого класса, в частности, известная модель волны-пилота Де-Бройля и Бома [6]. В качестве основной задачи такого рода моделей как правило подразумевается построение более детерминированной по сравнению с КМ теории за счет введения неких скрытых параметров, более полно определяющих состояние системы (по сравнению с волновой функцией), но пока недоступных нам для наблюдения. Многие из моделей скрытых параметров не ограничиваются интерпретацией КМ, предсказывая также новые физические эффекты, не следующие из стандартной КМ. Однако, на сегодняшний день каких-либо явных экспериментальных свидетельств в пользу теорий скрытых параметров пока обнаружить не удалось. Более того, большинство моделей скрытых переменных сталкивается с принципиальными трудностями при объяснении нелокальных эффектов КМ (в частности, корреляций между удаленными невзаимодействующими частицами), реальность которых подтверждена экспериментально¹⁸.

¹⁸ Заметим, что одними из первых на нелокальные эффекты КМ обратили внимание *Эйнштейн, Подольский и Розен*, сформулировавшие еще в 1935 знаменитый парадокс, названный их именами. Рассмотрим поведение электрона и позитрона после рождения электронно-позитронной пары. Согласно стандартной КМ в таком случае состояния электрона и позитрона оказываются скоррелированными: они описываются двухчастичной волновой функцией с нулевым суммарным спином. Если после разлета на большое расстояние измеряется какая-либо из компонент спина одной из частиц (скажем, z-компонента спина электрона), то волновые функции обеих частиц разделяются, причем при этом позитрон также переходит в состояние с определенной z-компонентой спина. Эйнштейн с соавторами находил такой сценарий абсурдным исходя из того, что состояние позитрона не может измениться в момент измерения спина электрона, поскольку к этому моменту он оказывается уже очень далеко как от электрона, так и от прибора и не взаимодействует с ними. Отсюда вышеупомянутые авторы сделали вывод о необходимости разработки более детального по сравнению с КМ описания квантовых объектов, в рамках которого направления спинов электрона и позитрона оказываются определенными уже в момент рождения пары (тем самым была поставлена задача разработки т.н. *локальных* теорий скрытых параметров). В 1964 г. Белл [2] обратил внимание на то, что существует особый эксперимент, дающий возможность однозначно определить, как ведут себя реальные квантовые объекты: в соответствии со стандартной КМ или в соответствии с той или иной локальной теорией скрытых параметров (независимо от конкретной версии такой теории). Белл доказал, что для ответа на данный вопрос достаточно провести серию измерений проекций спинов парно рождающихся электронов и позитронов на три различные определенным образом расположенные оси, нормальные по отношению к направлению разлета пары, и исследовать корреляции между этими измерениями. Если частицы ведут себя в соответствии с локальной теорией скрытых переменных, указанные корреляции должны удовлетворять т.н. *неравенству Белла*, если же частицы ведут себя в соответствии со

9. **Стохастическая интерпретация** пытается объяснить принцип неопределенности и динамику квантовых объектов в рамках уравнения Шредингера влиянием случайных отклоняющих сил, воздействующих на частицы и заставляющих их двигаться подобно броуновским частицам. Данная интерпретация сталкивается с теми же проблемами, что и локальные теории скрытых параметров: будучи по существу локальной теорией, она должна удовлетворять неравенству Белла, которое, как показывает эксперимент, в действительности не выполняется.¹⁹

На основании этого краткого обзора читатель возможно согласится с авторами в том, что квантовый мир действительно в некотором смысле можно назвать просторным, оставляющим место для плюрализма мнений и самых разнообразных интерпретаций, некоторые из которых являются довольно смелыми и нетривиальными. Это означает, что квантовая онтология находится в сфере реальной философии – сфере, в которой не только постигается объект исследования, но и раскрываются сущностные аспекты индивидуальности исследователя.

Итак, как уже было отмечено выше, КМ не может быть полностью уложена в прокрустово ложе принципа СДА хотя бы в силу ее индетерминизма. Ведь если текущее актуальное состояние не определяет однозначно дальнейшую динамику системы, отсюда можно было бы предположить, что в формировании нового актуального состояния должны участвовать какие-то иные компоненты бытия помимо актуального состояния. Можно ли на основании сказанного заключить, что принцип СДА отошел в прошлое? К сожалению, это не так. Можно указать следующие признаки сохранения могущества указанного принципа:

1. Доминирование минимальной и буквальной интерпретаций

Хотя, строго говоря, ни одна из перечисленных выше интерпретаций не является общепринятой, наиболее популярными, привычными все же являются первые две: минимальная и буквальная. Минимальной интерпретации придерживаются в основном либо убежденные инструменталисты, либо физики, тяготеющие к варианту онтологии, характерному для классической физики. Буквальная интерпретация является более умеренной, а потому удобной: она позволяет применять теорию на практике, при этом, с одной стороны, не вдаваться глубоко в сложные вопросы квантовой онтологии, а с другой – избегать впадения в крайности инструменталистского, солиптического видения. Однако, в основе буквальной интерпретации по-прежнему лежит все тот же принцип СДА. Действительно, с данной точки зрения основной объективной характеристикой системы является текущий вид волновой функции, и этот вид является *единственным* фактором, определяющим динамику системы. В момент измерения процесс порождения нового актуального состояния на основе старого просто меняет свою форму: из детерминированного он кратковременно становится вероятностным. При этом на вопрос о том, когда и по каким причинам происходит переход в такой «режим измерения» как правило дается чисто феноменологический ответ со ссылкой на априорное свойство макроскопических приборов не подчиняться квантовым закономерностям²⁰. Как видим, буквальная интерпретация стремится трактовать КМ в рамках принципа СДА в той мере, насколько это вообще возможно.

2. Зависимость стандартной КМ от классической механики

стандартной КМ, неравенство Белла должно нарушаться. Описанный эксперимент был многократно повторен различными группами исследователей и показал, что неравенство Белла в действительности не выполняется (см., например, [1]). Тем самым в очередной раз была подтверждена КМ, дискредитирована идея локальных теорий скрытых параметров и доказано реальное существование нелокальных квантовых эффектов.

¹⁹ См. предыдущую сноску.

²⁰ Данное объяснение восходит еще к Бору.

Как уже говорилось выше, одной из фундаментальных сложностей КМ является проблема измерения. В частности, можно указать следующие аспекты данной проблемы:

- ✓ Неизвестно, в какой момент происходит процесс измерения²¹. (5)
- ✓ Не существует ясного критерия, позволяющего определить, какие процессы являются измерениями, а какие нет²². (6)
- ✓ Не существует ясного критерия, позволяющего классифицировать системы как микрообъекты (описываемые суперпозицией состояний) или макрообъекты (всегда находящиеся в определенном состоянии). (7)
- ✓ Не существует никакого ясного *теоретического* объяснения, почему вообще квантовые системы и макрообъекты ведут себя принципиально по-разному – данный факт принимается как чисто феноменологический. (8)

По этой причине КМ на сегодняшний день находится в сложных и весьма двусмысленных отношениях с классической механикой:

- ✓ С одной стороны, стандартная КМ содержит в себе классическую механику как частный случай, и с этой точки зрения имеет иерархически более высокий статус
- ✓ С другой стороны, стандартная КМ не может быть сформулирована без опоры на классическую механику, и с этой точки зрения она вторична по отношению к последней. (9)

Все перечисленные трудности в определенной степени ставят под сомнение возможность использования стандартной КМ в качестве основной теоретической базы научной картины мира. В глазах многих физиков она приобрела имидж теории, уместной только для описания микромира. Соответственно, все макрообъекты (в том числе, тела живых существ, планеты, звезды, вся вселенная в целом) остаются в ведении классической механики и принципа СДА.

3. Неаглядность и непонятность стандартной КМ

Как известно, КМ содержит в себе немало элементов, парадоксальных с точки зрения нашего повседневного опыта. В принципе, такое положение дел само по себе является естественным. Проводя аналогию с миром метафизики, известно, что йогический опыт (играющий роль эксперимента в инициатических системах) также, начиная с определенного уровня, перестает укладываться в рамки так называемого здравого смысла и при попытке рассмотрения его на уровне обыденного сознания выглядит парадоксальным. Плохо, однако, то, что многие черты КМ не получают понятного и логичного *метафизического* объяснения (которое должно приходиться на подмогу здравому смыслу в тех областях, где последний становится неадекватен). Среди таких действительно непонятных аспектов КМ можно, в частности, указать:

- ✓ Индетерминизм. Не вполне ясно, в чем состоит метафизический смысл того факта, что закономерности КМ носят вероятностный характер. Мы уже обсуждали данный момент выше и пришли к выводу, что с метафизической точки зрения индетерминизм КМ выглядит более приемлемым по сравнению с

²¹ Данное обстоятельство иллюстрируется хорошо известным «парадоксом кота». Для обсуждения вопроса о квантовых измерениях Шредингер предложил следующий мысленный эксперимент: кот помещается в комнату, в которой располагается ампула с ядом. Ампула подключена к счетчику Гейгера, который регистрирует акт распада радиоактивного изотопа и после регистрации последнего замыкает цепь разбивания ампулы (кот при этом умирает, а садистские наклонности самого Шредингера остаются на его собственной совести). С точки зрения стандартной КМ кот вплоть до окончания эксперимента (когда Шредингер открывает дверь и смотрит, как чувствует себя кот), описывается суперпозицией двух возможных состояний: живого кота и мертвого кота. Затем происходит процесс измерения и система (кот и вся установка) переходит в определенное состояние. Возникает вопрос, в какой момент система переходит в определенное состояние на самом деле: Когда распался атом? Когда сработал счетчик Гейгера? Когда разбилась ампула? Когда умер кот? Или когда Шредингер вошел в комнату? Стандартная КМ не способна внести ясность в данный вопрос.

²² Упомянутая выше общая идея о том, что измерение есть взаимодействие квантовой системы с макроприбором является крайне расплывчатой и малоудовлетворительной.

детерминизмом классической механики, поскольку он в некотором смысле предоставляет материальному миру определенную вариативность, свободу. Однако, с другой стороны, свобода мира в рамках КМ строго обусловлена законами вероятности, и не совсем понятно, в чем же состоит *смысл* такой обусловленной, предсказуемой свободы. Ведь, реальная свобода подразумевает не только саму возможность выбора, но и то, *ради чего* производится выбор. Бессмысленный выбор суть не свобода, а хаос. Например, едва ли кому придет в голову считать игральные кости «свободными», скорей уместнее назвать их произвольными. Та же проблема существует и в КМ: мир в рамках нее выглядит скорей произвольным, чем свободным, поскольку, хотя возможность выбора имеется, однако, смысл этого выбора непонятен.²³ (10)

- ✓ Уже упоминавшиеся выше нелокальные эффекты КМ. Известная нам физика описывает взаимодействие исключительно материальных объектов посредством материальных факторов (поля, взаимодействие частиц и т.п.). Материальные объекты обычно ассоциируются с некоторым положением в пространстве (хотя бы приблизительным). В КМ, однако, возможна ситуация, когда объективное состояние некой частицы (системы) может мгновенно измениться вследствие процессов, произошедших на произвольно большом расстоянии от нее (как в уже обсуждавшемся выше эксперименте с электронно-позитронной парой)²⁴. Данному эффекту можно дать внятную трактовку только в случае, если мы отказываемся от какой-либо из исходных посылок: мы должны признать либо возможность проявления каких-либо нематериальных факторов в рамках физических закономерностей, либо возможность существования материальных агентов, принципиально не локализованных в пространстве. На сегодняшний день, однако, большинство физиков предпочитают просто принять реальность данного эффекта де-факто, оставляя его без какой-либо удобоваримой трактовки. (11)

Подобно описанным в п.2 проблемам формализма КМ, ненаглядность и непонятность КМ ведет к проигрышу борьбы за умы. Многие физики просто отказываются использовать КМ в качестве основы личного мировоззрения, делая выбор в пользу пусть ограниченной, пусть в чем-то морально устаревшей, но зато простой, наглядной и логичной классической физики.

4. Объективная интерпретация Белла

Итак, мы выяснили, что на пути преодоления принципа СДА современная физика сделала первый (очень важный), но далеко не последний шаг. Зададимся вопросом, что может быть сделано далее для улучшения в общем-то не очень радостной ситуации, обрисованной выше. По мнению авторов, прежде всего, необходимо приоритезировать существующие интерпретации КМ. И в первую очередь обращает на себя внимание следующий крайне важный факт:

²³ В этой связи уместно заметить, что когда Эйнштейн, критикуя индетерминизм КМ, изрекал свой известный афоризм «Бог не играет в кости!», он, возможно, имел в виду именно данный аспект. Авторы ни в коей мере не могут согласиться с Эйнштейном в его известном общем неприятии КМ (и с этой точки зрения считают его одним из своих принципиальных оппонентов), однако, в данном случае вынуждены признать определенную обоснованность его критики. Действительно, не совсем понятно, *зачем* Богу (термин Эйнштейна) нужен индетерминизм КМ. Конечно, с другой стороны, еще труднее понять, зачем Богу нужен Декартов детерминизм, но КМ находится не в том положении, когда ответ вопросом на вопрос можно считать удовлетворительным. Ведь с точки зрения наглядности (адекватности обыденному опыту) «фора» очевидно на стороне классической механики. Поэтому для того, чтобы выиграть конкуренцию за право определять *мировоззрение* людей, КМ должна противопоставить наглядности классической механики максимально ясное и понятное метафизическое обоснование самой себя.

²⁴ Заметим, что данный факт не входит в прямое противоречие со специальной теорией относительности, поскольку нелокальные эффекты КМ все же не могут быть использованы для передачи информации быстрее скорости света.

Объективная интерпретация (ОИ) свободна от большинства трудностей, связанных с процессом измерения. В частности, она открывает путь для удовлетворительного решения для проблем (5)-(9), указанных выше.

Заметим, что ОИ оказывается единственной интерпретацией, действительно обеспечивающей эффективное решение проблемы измерения. В связи с этим рассмотрим ее более подробно.

Суть интерпретации Белла можно прояснить в следующей общей постановке [19]. Рассмотрим разложение волновой функции квантовой системы по собственным функциям $\psi_i(q,t)$ некоторой вещественной величины f , оператор которой не зависит явно от времени:²⁵

$$\Psi(q,t) = \sum_i A_i(t) \psi_i(q,t), \quad (12)$$

где функции $\psi_i(q,t)$ соответствуют различным (несовпадающим) собственным значениям $f = f_i$ и образуют ортонормированную систему; $A_i(t)$ – вещественные нормировочные множители. Предположим, что в действительности система всегда находится в состоянии с определенным значением f . Время от времени система может переходить от одного значения f к другому, однако, в каждый конкретный момент времени ее состояние соответствует какому-то единственному значению f_i . Если у нас есть возможность точно воспроизводить начальное состояние рассматриваемой системы, мы можем рассмотреть серию реализаций ее динамики. При этом мы допускаем, что данные реализации не являются тождественными: хотя все они описываются одной и той же волновой функцией $\Psi(q,t)$, однако реально произошедшие переходы, а также моменты времени, когда они произошли, меняются от реализации к реализации. В 1984 г. Белл²⁶ показал [3]²⁷, что в случае, если плотность вероятности перехода системы из состояния $f = f_i$ в состояние $f = f_j$ ($j \neq i$), имеют вид:

$$w_{ij}(t) = \begin{cases} 2 \operatorname{Re} \left(\frac{1}{i\hbar} A_i A_j \int \psi_j^* \hat{H} \psi_i dq \right), & \text{если эта величина} \geq 0 \\ 0, & \text{если эта величина} < 0 \end{cases} \quad (13)$$

то вероятности ρ_i обнаружить систему в состоянии $f = f_i$:

- ✓ полученные путем усреднения по реализациям
- ✓ рассчитанные исходя из волновой функции системы (12)

совпадают и равны:

$$\rho_i = |A_i|^2 \quad (14)$$

при условии, что (14) было выполнено в начальный момент времени (момент начала эволюции системы).

²⁵ Здесь f может обозначать как одну величину, так и некоторый набор коммутирующих величин, в частности полный набор.

²⁶ Джон Белл (1928-1990) – выдающийся ирландский физик-теоретик. Среди наиболее известных открытий Белла можно упомянуть уже обсуждавшееся выше неравенство Белла, доказательство ошибочности теоремы фон Неймана о невозможности скрытых параметров, а также ряд фундаментальных работ в области физики элементарных частиц и ускорительной техники. За свой вклад в физику Белл был удостоен множества научных наград: Хьюзовской медали Королевского Общества, Дираковской медали Института физики, Хайнемановской премии Американского физического общества, а также почетных степеней Королевского Белфастского Университета и Тринити Колледжа. Белл даже номинировался на Нобелевскую премию, и возможно получил бы ее, если бы не его ранняя скоростная смерть.

²⁷ Заметим, что в своей оригинальной работе [3] Белл доказал данную формулировку для частного случая конкретного комплекта величин f , однако, доказательство Белла может быть легко обобщено на случай произвольного f [19].

Таким образом, если выполнено (13), предложенная модель согласуется с предсказаниями стандартной квантовой механики в отношении измеряемых величин. Тем самым подтвержден тот факт, что модель Белла является интерпретацией КМ, а не новой теорией, отличие которой от КМ может быть проверено опытным путем.

Убедимся теперь, что ОИ дает ключ к решению проблем, связанных с процессом измерения (5-9). Действительно, для описания процесса измерения в рамках модели Белла достаточно предположить, что набор f включает в себя измеряемую величину, а также переменные, описывающие состояние прибора, измеряющего данную величину. Тогда акт измерения просто трактуется как переход системы в одно из состояний, соответствующих прибору, совершившему измерение, вероятность которого определена формулой (13). Отсюда следует:

- ✓ Время измерения определяется вероятностями (13) – проблема (5) решена.
- ✓ Каждый переход в состояние с иным значением f_i играет для системы роль измерения – проблема (6) решена.
- ✓ Нет никакой принципиальной разницы между микрообъектами и макрообъектами, поскольку и те и другие всегда находятся в состояниях с определенным значением набора f – проблемы (7) и (8) решены.
- ✓ Поскольку ОИ в принципе вообще не нуждается в процедуре измерения как в некоем базовом принципе, она становится в гораздо меньшей степени зависимой от классической механики – проблема (9) также решена²⁸.

Благодаря всем перечисленным достижениям ОИ с ее точки зрения классическая механика наконец-то может последовательно рассматриваться как частный случай более общей квантовой механики. Это означает, что в рамках подхода Белла может быть построена самостоятельная модель квантовой вселенной, не нуждающаяся в каких-либо наблюдателях, как в особом условии для собственной определенности (отсюда и название – *объективная интерпретация*).

Итак, мы выяснили, что ОИ является состоятельной с физико-математической точки зрения и в этом отношении на сегодняшний день имеет преимущество перед всеми прочими интерпретациями, перечисленными выше. Зададимся теперь вопросом, какой метафизический смысл она в себе несет. Первое, что бросается в глаза это то, что:

Объективная интерпретация принципиально не укладывается в рамки принципа СДА.

Действительно, в модели Белла мы должны разделять волновую функцию $\Psi(q,t)$ и текущее актуальное состояние системы, характеризуемое какой-либо из функций $\psi_i(q,t)$. Волновая функция уже не характеризует актуальное состояние системы, она лишь позволяет рассчитать вероятности переходов, то есть характеризует не актуальное, а *возможное*. Следовательно, она относится к сфере потенциального. Далее, из формулы (9) со всей очевидностью следует, что текущее актуальное состояние уже не определяет однозначно вероятности переходов. Динамика системы определяется как актуальным состоянием, так и потенциальными характеристиками системы – волновой функцией и системой функций $\psi_i(q,t)$. Следовательно, волновую функцию $\Psi(q,t)$ в модели Белла следует рассматривать именно как пример *материального трансцендентного фактора*, о котором говорилось выше, поскольку она не содержится в актуальном состоянии системы и, учитывая то, как велик возраст вселенной, может вообще представлять собой достаточно таинственный объект.

Такой характер динамики, возникающий в описании Белла, представляет значительный интерес с точки поставленной нами задачи синтеза физики и холистической

²⁸ Хотя, конечно, остается связь с классикой, проявляющаяся в использовании гамильтониана в уравнениях квантовой динамики, в наличие в гамильтониане потенциальной энергии как функции координат (хотя есть состояния, в которых частица не может иметь точные значения координат), и т.п. моменты. Но к их обсуждению мы перейдем в следующих разделах данной работы.

метафизики. Модель Белла просто *не может* трактоваться в рамках принципа СДА и тем самым устраняется одно из ключевых препятствий к синтезу, указанных в начале статьи. С учетом того, что данная модель является также и наиболее успешной (с физико-математической точки зрения) среди известных интерпретаций, авторы считают ее наиболее перспективной.

Итак, мы остановили наш выбор на ОИ. Зададимся вопросом, имеются ли у модели Белла недостатки. Да, безусловно имеются, как впрочем и у любой другой интерпретации. Среди них, в частности, можно указать:

- ✓ Во-первых, хотя, как мы выяснили, она разрешает физико-математические проблемы (5-9), а также метафизическую проблему (2) (и это очень хорошо), все же остаются нерешенными две трудности (10) и (11), выделенные нами в связи с ненаглядностью и непонятностью КМ.
- ✓ Не совсем ясным остается вопрос, касающийся выбора величин, входящих в набор f . Роль таких наборов могут играть как комплекты величин, соответствующие макроскопическим измеряемым (например, импульсы, моменты, спины и т.п. частиц с одной стороны, и величины, характеризующие состояние приборов, измеряющих эти величины – с другой), так и микроскопические комплекты (например, числа фермионов).²⁹ Роль ограничивающего фактора при этом играет требование коммутруемости величин, входящих в данный набор. Последнее означает, что, если мы взяли один полный набор в качестве величин, объективно принимающих определенные значения (такие величины мы далее будем называть *актуализируемыми*³⁰), то все прочие величины определенных значений уже не принимают. Что же происходит, если мы задумали измерить величину, не входящую в набор актуализируемых величин f ? Допустим, компонента спина s_z электрона не входит в набор f . Мы приготовили эмиттер, который излучает электроны с волновой функцией, соответствующей определенному значению s_z , скажем $s_z = 1/2$, и прибор, который измеряет s_z . В такой постановке, очевидно, прибор всегда будет показывать результат $s_z = 1/2$. Как будет выглядеть данный процесс в рамках модели Белла? Прибор, как и требуется, раз за разом с вероятностью единица будет выдавать результат $s_z = 1/2$. Это так, поскольку модель Белла является *интерпретацией* КМ, и ее предсказания не могут отличаться от предсказаний КМ в отношении любых наблюдаемых. Однако, актуальное состояние электронов в данном эксперименте никогда не будет состоянием с определенным значением s_z , поскольку определенными (в смысле актуального состояния) могут быть только величины из набора f , не коммутирующего с s_z . С формальной точки зрения никакого противоречия здесь нет, поскольку актуальное состояние в рамках модели Белла недостаточно для расчета динамики системы – влияет еще и волновая функция. Однако, с точки зрения наглядности ситуация выглядит несколько нездоровой. Получается, что если мы измеряем величину, входящую в набор актуализируемых величин, прибор действительно измеряет актуальное значение данной величины. Если же мы измеряем величину, не входящую в набор актуализируемых величин, прибор уже измеряет не ее актуальное значение, а нечто совсем другое. Такая дискриминация действительно выглядит странной и ставит нас перед нелегким выбором, какие величины включать в число актуализируемых, а какие – нет. (15)
- ✓ Актуальное состояние в рамках модели Белла вообще имеет достаточно низкий статус. Это выражается, в частности в том, что каждая из функций $\psi(q,t)$, описывающих

²⁹ В частности, сам Белл оперировал именно с последним типом переменных.

³⁰ Заметим, что Белл придумал для такого рода величин, реально принимающих определенные значения в ходе квантовой динамики, специальный термин – beable (от англ. be able – быть способным, правомочным). Этот неологизм получил широкое распространение в современной англоязычной литературе по квантовой онтологии.

актуальное состояние, не определяют однозначно собственную динамику даже в промежутках времени между переходами. Эти функции определяются путем проецирования волновой функции $\Psi(q,t)$ в соответствующее подпространство пространства состояний и, вообще говоря, не удовлетворяют уравнению Шредингера. (16)

- ✓ Впрочем, в качестве «утешения» к предыдущему пункту можно добавить, что конкретный вид текущей функции $\psi_i(q,t)$ вообще не представляется особо содержательной характеристикой актуального состояния. Единственная реальная информация о текущем состоянии, которую данная функция несет – это актуальное значение величины f , однако, оно, собственно, однозначно определяется индексом i . В отличие от волновой функции $\Psi(q,t)$, ее проекции $\psi_i(q,t)$ не обладают свойством характеризовать средние значения различных величин в данном актуальном состоянии системы. В частности, текущая функция $\psi_i(q,t)$, вообще говоря, не определяет даже приблизительно локализацию частиц системы в пространстве. Резюмируя, можно сказать, что текущий вид функций $\psi_i(q,t)$ содержателен только в двух отношениях: 1) индекс i определяет текущее значение величины f ; 2) вид текущей функции $\psi_i(q,t)$ участвует в расчете вероятностей переходов w_{ij} по формуле (13). (17)

На основании вышесказанного в целом складывается впечатление, что в рамках модели Белла материальные трансцендентные факторы, упоминавшиеся выше, не только присутствуют, но возможно даже в некотором смысле доминируют над актуальным состоянием. По этой причине ОИ Белла трудно назвать наглядной. Это и не удивительно. Ведь в нашей повседневной жизни трансцендентное, если и проявляется, то все же никак не в таких масштабах, чтобы затмевать собой актуальное.³¹ В принципе, данное свойство модели Белла следует рассматривать как ее определенный недостаток не только в смысле недостаточной наглядности данной интерпретации, но и с метафизической точки зрения. В мире, в котором мы живем, актуальное состояние все же обладает достаточно высокой степенью оформленности, *самостоятельности*. Актуальное состояние нельзя отделять от трансцендентных измерений, однако, с другой стороны, ставить его в полную, буквальную зависимость от них тоже было бы неправильным.

5. Пример применения модели Белла

Чтобы лучше разобраться в описании мира, предоставляемого ОИ, целесообразно перейти к анализу конкретных примеров использования модели Белла, некоторые из которых оказываются весьма поучительными. Рассмотрим следующую модельную систему: гармонический осциллятор, состоящий из двух одинаковых притягивающихся друг к другу частиц, движется в пространстве между двумя бесконечными потенциальными барьерами, расположенными на расстоянии L друг от друга (рис. 1). Для простоты будем считать движение одномерным. Данная модельная система будет использоваться нами на протяжении всей статьи в качестве «пробного камня» для различных вариантов интерпретации КМ.³²

³¹ Если бы это было не так, жизнь в нашем обыденном состоянии, управляемом рассудком, превратилась бы в настоящий хаос. Ведь рассудок человека сам по себе не приспособлен для проникновения в трансцендентное. В таком мире доминирования трансцендентного, который мы на миг представили себе, успешно жить и действовать могли бы только мистики-йогины.

³² В качестве реального трехмерного аналога данной модельной системы можно было бы предложить, например, двухатомную молекулу, двигающуюся по узкому бесконечно глубокому потенциальному желобу, заглушенному с двух сторон. Желоб имеет ширину порядка атомного размера и жестко фиксирует ориентацию молекулы, соответственно, при ударе о торец желоба могут возбуждаться колебательные уровни такой молекулы. При этом конечно может быть задан вопрос о принципиальной возможности создания такого рода желоба. Как следующий шаг мы могли бы рассмотреть реальную молекулу, свободно двигающуюся между двумя бесконечными потенциальными барьерами. Поведение такого рода системы будет во многом аналогично динамике предложенной одномерной модели, однако, будет несколько

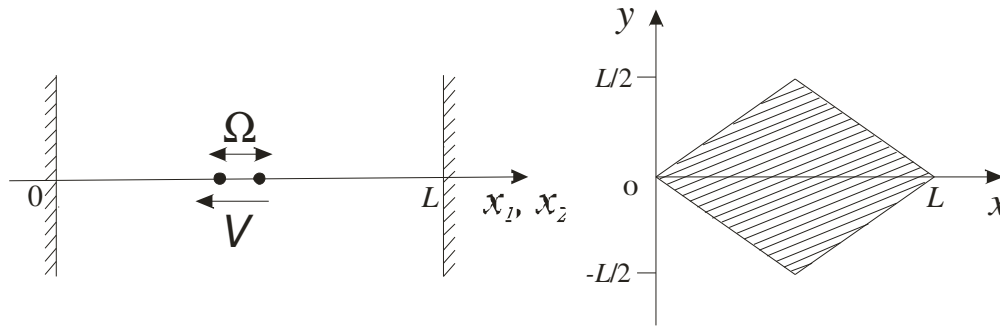


Рис.1. Модельная система

Описанная система имеет две степени свободы – одну внутреннюю, отвечающую движению частиц относительно друг друга: $y = (x_1 - x_2)/2$, и одну внешнюю, характеризующую движение центра масс системы: $x = (x_1 + x_2)/2$. На диаграмме в нижней правой части рис. 1 штриховкой указана доступная для системы область в приведенных координатах x - y , которая задается системой неравенств $-x < y < x$.

Динамика описанной системы достаточно проста. В классическом описании вдали от барьеров осциллятор движется свободно с постоянной скоростью центра масс V и осциллирует с собственной частотой Ω , затем он отражается от барьера и вновь движется свободно, вплоть до следующего удара. После удара о барьер, как скорость центра масс (V), так и амплитуда колебаний осциллятора, уже оказываются, вообще говоря, иными, причем величина изменений указанных величин зависит от начальной фазы колебаний.

В рамках квантового описания состояние системы представлено волновой функцией $\Psi(x,y,t)$, динамика которой определяется уравнением Шредингера, принимающего для данной системы следующий вид:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{4m_p} \left(\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{2} m_p \Omega^2 y^2 \Psi, \quad (18)$$

где \hbar – постоянная Планка, m_p – масса каждой частицы. Рассмотрим случай компактного осциллятора ($y \ll L$), что имеет место в случае:

$$W_{\text{вн}} \ll m_p L^2 \Omega^2, \quad (19)$$

где $W_{\text{вн}}$ – внутренняя энергия осциллятора; а также будем считать выполненными условия квазиклассического приближения для движения центра масс осциллятора:

$$\lambda_B \ll L, \quad (20)$$

где $\lambda_B = \hbar/p$ – длина волны де Бройля, p – импульс осциллятора. В приближении (19-20) движение осциллятора на удалении от барьеров можно считать свободным, и энергия его колебаний квантуется по известной формуле для гармонического осциллятора, которую в данном случае удобно представить в следующем виде:

усложнено ее трехмерностью, а также необходимостью учета сложной структуры энергетических уровней, присущей реальным атомам и молекулам. С другой стороны, такая модель тоже в свою очередь является идеализацией, поскольку может быть задан вопрос о реалистичности идеально упругого барьера. В связи с этим мы не будем обсуждать дальнейшие детали такого рода идеализаций, поскольку ключевым для нас является не столько реалистичность рассматриваемой системы, сколько возможность иллюстрации на ее примере ряда особенностей формализма объективной интерпретации, в действительности носящих универсальный характер. При этом поскольку настоящая статья адресована широкому кругу читателей, авторы предпочли использовать наипростейшую (с точки зрения аналитических выкладок) квантовую систему, в то же время способную наглядно продемонстрировать нетривиальные особенности модели Белла (а также доопределяющей интерпретации, которая будет обсуждаться в последующих разделах)..

$$W_{en} = \hbar\omega_n = 2\hbar\Omega(n + 1/4), \quad n = 0, 1/2, 1, 3/2, 2, \dots \quad (21)$$

В результате удара о барьер возможен переход в состояния с другими значениями квантового числа n . Рассмотрим случай, когда в начальный момент осциллятор не возбужден ($n = 0$), локализован вблизи левого барьера и движется по направлению к нему (рис. 2а). Волновая функция системы, соответствующая данному состоянию, имеет вид некоего волнового пакета, причем в соответствии с принципом неопределенности импульс и полная энергия системы не могут быть в таком состоянии точно определенными. После столкновения с барьером волновая функция представляет из себя суперпозицию волновых пакетов с различными значениями квантового числа n (рис. 2б).³³ Эти волновые пакеты удаляются от барьера с различными скоростями (поскольку возбуждение осциллятора происходит за счет кинетической энергии движения его центра масс), поэтому через некоторое время после отражения от барьера они пространственно разделяются. Заметим, однако, что нарисованная нами картина имеет место только в случае, когда выполнено:

$$\frac{\lambda_B}{L} \left(\frac{W_{cm}}{\hbar\Omega} \right)^2 \ll \frac{\Delta W}{\hbar\Omega} \ll 1, \quad (22)$$

где ΔW – неопределенность полной энергии системы, W_{cm} – кинетическая энергия движения центра масс осциллятора.

³³ Как видно из рис. 2б, после отражения от барьера волновая функция системы описывается суперпозицией пакетов с четными значениями n . Состояния с нечетными n оказываются запрещенными по соображениям перестановочной симметрии. Действительно, перестановка двух частиц, образующих осциллятор, означает инверсию y -координаты ($y \rightarrow -y$). В связи с тем, что гамильтониан системы инвариантен по отношению к такому преобразованию, четность волновой функции по координате y должна сохраняться. Поскольку в рассмотренном примере в начальный момент частица находилась в основном состоянии, ее волновая функция была четной по y и, следовательно, должна оставаться таковой на протяжении всей эволюции системы. Отсюда следует, что состояния с нечетным n ($n = 1/2, 3/2$ и т.д.) запрещены, поскольку они описываются волновыми функциями, нечетными по y (заметим, что именно данным обстоятельством объясняется удобство использования полуцелого квантового числа в данной задаче). Следует также упомянуть, что анализируя одномерную систему, мы конечно отвлекаемся от всех вопросов, связанных со спином частиц. Если же иметь в виду обсуждавшийся выше трехмерный аналог данной модельной системы (частица в узком потенциальном желобе), то потребуются дополнительно постулировать, что спиновое состояние молекулы соответствует выбранной четности волновой функции, поскольку последняя оказывается так или иначе связанной со спиновым состоянием вследствие обменного взаимодействия.

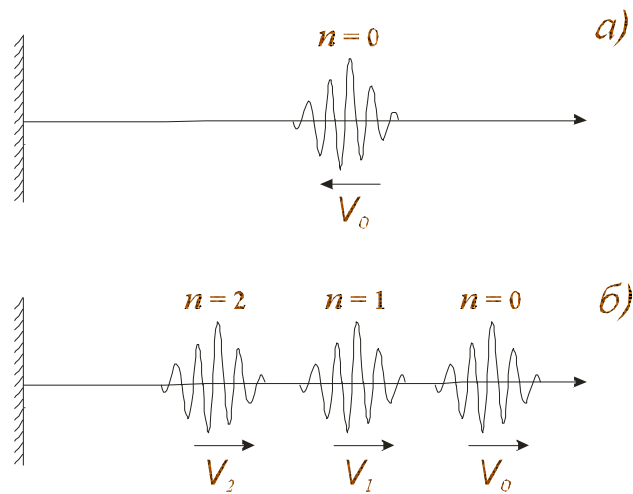


Рис. 2. Эволюция волновой функции осциллятора при столкновении с потенциальным барьером.

В случае (22) волновые пакеты могут оставаться компактными в течение длительного времени, причем после отражения от барьера действительно будет происходить пространственное разделение пакетов, соответствующих различным уровням возбуждения осциллятора, как это показано на рис.2.³⁴ Мы будем далее считать, что и левое, и правое неравенство в (22) выполнены с достаточным запасом, так что волновые пакеты сохраняют компактность и пространственную разделенность на протяжении многих пролетных времен. В таком случае волновая функция системы будет представлять из себя суперпозицию волновых пакетов, которые «размножаются» при каждом столкновении с барьером: чем дольше эволюционирует система, тем больше волновых пакетов будет содержать волновая функция. Соответствующее общее решение уравнения Шредингера в приближении (22) компактных волновых пакетов получено в Приложении 1. Однако, заметим, что на полукачественном уровне динамика системы может быть понята исходя из чисто кинематических соображений. Волновые пакеты двигаются подобно частицам со скоростями, которые могут быть рассчитаны по классическим формулам, так что для пролетного времени волнового пакета имеем:

$$\Delta t_n = L \sqrt{\frac{m_p}{(W_0 - \hbar \omega_n)}}, \quad (23)$$

где W_0 – среднее значение полной механической энергии системы, а ω_n определяется формулой (21). Опираясь на (23), можно в деталях проследить сценарии движения и «размножения» пакетов, составляющих волновую функцию.

³⁴ Если нарушается левое неравенство в (22), волновой пакет не может быть достаточно компактным даже в начальный момент вследствие принципа неопределенности: его размер будет превышать расстояние, на которое расходятся соседние волновые пакеты, представленные на рис.2, за одно пролетное время. Если же нарушается правое неравенство в (22), «расплывание» пакетов вследствие дисперсии будет происходить быстрее, чем процесс их удаления друг от друга из-за разницы скоростей. Ни в первом, ни во втором случае после отражения от барьера соседние волновые пакеты, соответствующие различным значениям n , не будут пространственно разделяться.

Попробуем теперь применить к данной системе ОИ Белла и проследить наглядно, каким образом будет меняться актуальное состояние системы. Для этого удобно рассмотреть простейший случай, когда для системы доступны только два уровня: $n = 0$ и $n = 1$ (как уже упоминалось выше, состояние $n = 1/2$ для данной системы запрещено по соображениям симметрии). В частности, такая ситуация реализуется в случае, когда выполнено:

$$W_0 = m_p V_0^2 + \hbar\Omega/2 = 3 \hbar\Omega, \quad (24)$$

где V_0 – средняя скорость поступательного движения осциллятора в начальный момент.

Выберем в качестве актуализируемой величины f энергию осциллятора $W_{\text{вн}}$, которая в рассмотренном нами случае может принимать только два значения, определяемые значениями квантового числа $n = 0$ и $n = 1$. Для двухуровневой системы вероятности переходов в рамках ОИ Белла легко определить исходя из следующих соображений. В периоды, когда все волновые пакеты локализованы вдали от барьеров, волновую функцию системы можно представить в виде:

$$\Psi(x, y, t) = F_0(x, t)g_0(y) + F_1(x, t)g_1(y), \quad (25)$$

где $g_n(y)$ – известные нормированные стационарные решения для одномерного линейного осциллятора с энергией возбуждения, определяемой формулой (21), а $F_n(x, t)$ – некоторые функции. Вероятность обнаружения осциллятора в возбужденном состоянии $n = 1$ равна:

$$\rho_1 = \int |F_1|^2 dx \quad (26)$$

Из (13) следует, что переходы возможны только в периоды, когда какой-либо из волновых пакетов входит во взаимодействие с барьером (такие периоды будем называть периодами взаимодействия). Во все прочие моменты недиагональные матричные элементы $\langle \psi_m | H | \psi_n \rangle$ и, следовательно, вероятности переходов равны 0, поскольку величина f (внутренняя энергия) в такие промежутки времени сохраняется, и ее оператор коммутирует с гамильтонианом. Далее замечаем, что, поскольку гамильтониан системы эрмитов, величина $2 \operatorname{Re} \left(\frac{1}{i\hbar} A_i A_j \int \psi_j^* \hat{H} \psi_i dq \right)$, входящая в (13), меняет знак при перестановке индексов i и j . С учетом этого из (13) следует, что в двухуровневой системе в каждый момент времени может быть разрешен лишь один переход: либо $0 \rightarrow 1$ (если ρ_1 в данный момент нарастает во времени), либо $1 \rightarrow 0$ (в обратном случае). Нетрудно показать, что в рассматриваемом приближении по крайней мере для первых пяти периодов взаимодействия в течение каждого из них ρ_1 меняется монотонно (либо растет, либо убывает – см. Приложение 1). Следовательно, мы можем заключить, что в течение каждого из таких периодов взаимодействия разрешен только один переход: либо $0 \rightarrow 1$, либо $1 \rightarrow 0$, откуда с учетом условия нормировки вероятностей для двухуровневой системы получаем следующие вероятности переходов:

$$\theta_{01} = \begin{cases} \frac{\rho_1^{(+)} - \rho_1^{(-)}}{1 - \rho_1^{(-)}}, & \text{если } \rho_1^{(+)} > \rho_1^{(-)} \\ 0, & \text{если } \rho_1^{(+)} < \rho_1^{(-)} \end{cases} \quad (27)$$

$$\theta_{10} = \begin{cases} \frac{\rho_1^{(-)} - \rho_1^{(+)}}{\rho_1^{(-)}}, & \text{если } \rho_1^{(+)} < \rho_1^{(-)} \\ 0, & \text{если } \rho_1^{(+)} > \rho_1^{(-)}, \end{cases}$$

где $\rho_1^{(-)}$ – значение ρ_1 перед периодом взаимодействия, а $\rho_1^{(+)}$ – после периода взаимодействия; θ_{mn} – вероятность того, что после выхода из данного периода

взаимодействия система оказалась в состоянии n при условии, что до начала периода взаимодействия она пребывала в состоянии m .³⁵ Как уже было сказано, уравнение (27) применимо ко всем периодам взаимодействия, в течение которых ρ_1 меняется монотонно, в частности к первым пяти периодам взаимодействия.

Для описания динамики данной системы в рамках ОИ удобно построить дерево сценариев, наглядно представляющее множество всех возможных сценариев эволюции системы начиная с начального момента. Под сценариями здесь подразумевается последовательность квантовых переходов, реально произошедших в системе (в смысле актуального состояния).³⁶ На рис. 3 представлено дерево сценариев вплоть до момента времени $t^{(6/p)} = 3.5$, то есть в течение первых пяти периодов взаимодействия (здесь $t^{(6/p)}$ – безразмерное время; за единицу принято пролетное время осциллятора в основном состоянии L/V_0) для случая, когда в начальный момент осциллятор был локализован посередине между барьерами в основном состоянии и двигался справа налево. В верхней части диаграммы указаны:

- ✓ Номер периода взаимодействия (нумерация соответствует временной последовательности периодов)
- ✓ Разрешенный переход: как уже было сказано, в первых пяти периодах взаимодействия возможны только один из двух переходов: либо $0 \rightarrow 1$, либо обратный ему $1 \rightarrow 0$.³⁷
- ✓ Время, когда наступает соответствующий период.³⁸

В нижней части рисунка представлено собственно дерево сценариев. Чтобы лучше понять смысл данной диаграммы, рассмотрим, например, сценарий $0 \rightarrow 1^{(3)} \rightarrow 0^{(4)}$, выделенный на рис.3 серым цветом. Верхние индексы в данном символьном обозначении сценария обозначают номер периода взаимодействия, во время которого произошел соответствующий переход. В частности, данный конкретный сценарий соответствует варианту динамики, когда осциллятор оставался в основном состоянии вплоть до третьего периода взаимодействия; затем в течение третьего периода взаимодействия перешел в возбужденное состояние; и наконец во время четвертого периода взаимодействия вернулся в основное состояние. Соответственно, та же последовательность переходов представлена в дереве сценариев на рис.3, однако, уже не в символьном, а в графическом виде.

Проследим также, каким образом возникают периоды взаимодействия, и как определяется разрешенный переход. Как уже говорилось, в выбранных нами единицах измерения времени пролетное время в основном состоянии равно 1, а в возбужденном – $\sqrt{5}$, что следует из (23) с учетом (21) и (24). Исходя из этого имеем следующую динамику волновой функции:

- ✓ В начальный момент осциллятор описывается одним компактным волновым пакетом с $n = 0$ посередине между барьерами (назовем его пакетом №1).
- ✓ Затем за время $t^{(6/p)} = 0.5$ он достигает левого барьера, и начинается первый период взаимодействия, после завершения которого волновая функция системы описывается

³⁵ Заметим, что данные вероятности нормированы условиями $\theta_{00} + \theta_{01} = 1$; $\theta_{11} + \theta_{01} = 1$.

³⁶ Описываемая далее процедура во многом аналогична методам диаграммной техники. Однако, в то время как в рамках последней диаграммы имеют чисто мнемонический смысл (как инструменты метода решения уравнений динамики системы и не более того), сценарий в рамках ОИ приобретает совершенно конкретный физический смысл как реальная последовательность переходов, действительно имевших место в ходе эволюции системы. По этой причине мы не используем стандартный термин «диаграмма», а вводим новый термин «сценарий».

³⁷ Заметим, что модель Белла предусматривает также кратковременные виртуальные переходы в энергетически недоступные состояния в течение периодов взаимодействия. Однако, в рассматриваемом приближении (22) ими можно пренебречь, что мы и сделаем для простоты изложения.

³⁸ Заметим, что поскольку мы считаем волновые пакеты компактными, длительность периодов взаимодействия мала по сравнению с пролетным временем, и поэтому в данном приближении мы ею пренебрегаем.

уже двумя волновыми пакетами (один с $n = 0$, второй – с $n = 1$), двигающимися от левого барьера к правому. Можно сказать, что в результате первого периода взаимодействия возник один новый волновой пакет с $n = 1$ (пакет №2), а исходный пакет №1 отразился от барьера с некоторой потерей амплитуды (что очевидно из условия нормировки волновой функции). Очевидно, в данном случае имеем $\rho_1^{(+)} > \rho_1^{(-)}$, и из (27) видим, что разрешенным для первого периода взаимодействия является переход $0 \rightarrow 1$.

- ✓ Далее оба пакета №1 и №2 двигаются к правому барьеру, однако пакет №1 движется значительно быстрее, поскольку он соответствует основному состоянию. К моменту времени $t^{(6/p)} = 1.5$ пакет №1 уже достигает правого барьера и начинается второй период взаимодействия, который протекает аналогично первому: возникает новый пакет №3 с $n = 1$; пакет №1 отражается с потерей амплитуды; разрешенным для второго периода взаимодействия является также переход $0 \rightarrow 1$.

Дальнейшие периоды взаимодействия возникают аналогичным образом, причем, как видим, разрешенный переход определяется тем падающим волновым пакетом, взаимодействие которого с барьером обуславливает данный период взаимодействия: если падающий пакет соответствует основному состоянию, то разрешенным является переход $0 \rightarrow 1$; если же падающий пакет соответствует возбужденному состоянию, разрешенным оказывается обратный переход $1 \rightarrow 0$. Чуть более сложная ситуация возникает в случае, когда к барьеру одновременно приближается несколько пакетов, поскольку они при этом могут интерферировать (как, например в шестой период взаимодействия). В таких случаях для определения разрешенных переходов необходимо рассматривать динамику системы более детально (см. Приложение 1).

После того, как мы проследили в общих чертах эволюцию волновой функции системы, не составляет труда выяснить вид функций $\psi_i(x, y, t)$, определяющих актуальное состояние системы. В промежутки времени между периодами взаимодействия имеем:

$$\psi_0(x, y, t) = F_0(x, t)g_0(y) \quad \psi_1(x, y, t) = F_1(x, t)g_1(y) \quad (28)$$

Иначе говоря, $\psi_0(x, y, t)$ представляет собой суперпозицию тех пакетов волновой функции, которые соответствуют основному состоянию, а $\psi_1(x, y, t)$ – тех пакетов, которые соответствуют возбужденному состоянию. В качестве примера на рис. 4 схематично представлено актуальное состояние системы, возникающее в рамках сценария $0 \rightarrow 1^{(2)}$ сразу после второго периода взаимодействия (на рисунке показаны огибающие соответствующих волновых пакетов). Мы видим, что в указанный момент актуальное состояние системы соответствует возбужденному состоянию и описывается суперпозицией двух волновых пакетов, удаленных друг от друга и двигающихся в противоположных направлениях! На данном примере мы видим наглядно, что функции $\psi_i(q, t)$, характеризующие актуальное состояние в ОИ Белла, вообще говоря, не позволяют судить о значении величин, не входящих в число актуализируемых. В рассмотренном нами случае ни импульс, ни пространственные координаты не являются актуализируемыми (напомним, что в качестве величины f мы выбрали внутреннюю энергию осциллятора), поэтому попытка как-то судить об их значениях на основании вида функций $\psi_i(q, t)$ могут приводить к нефизическим результатам (едва ли мы допустим, что осциллятор в данном процессе действительно «размножается»).

№ периода взаимодействия	1	2	3	4	5
Разрешен. переход	0→1	0→1	0→1	1→0	0→1
Время	0,5	1,5	2,5	2,74	3,5

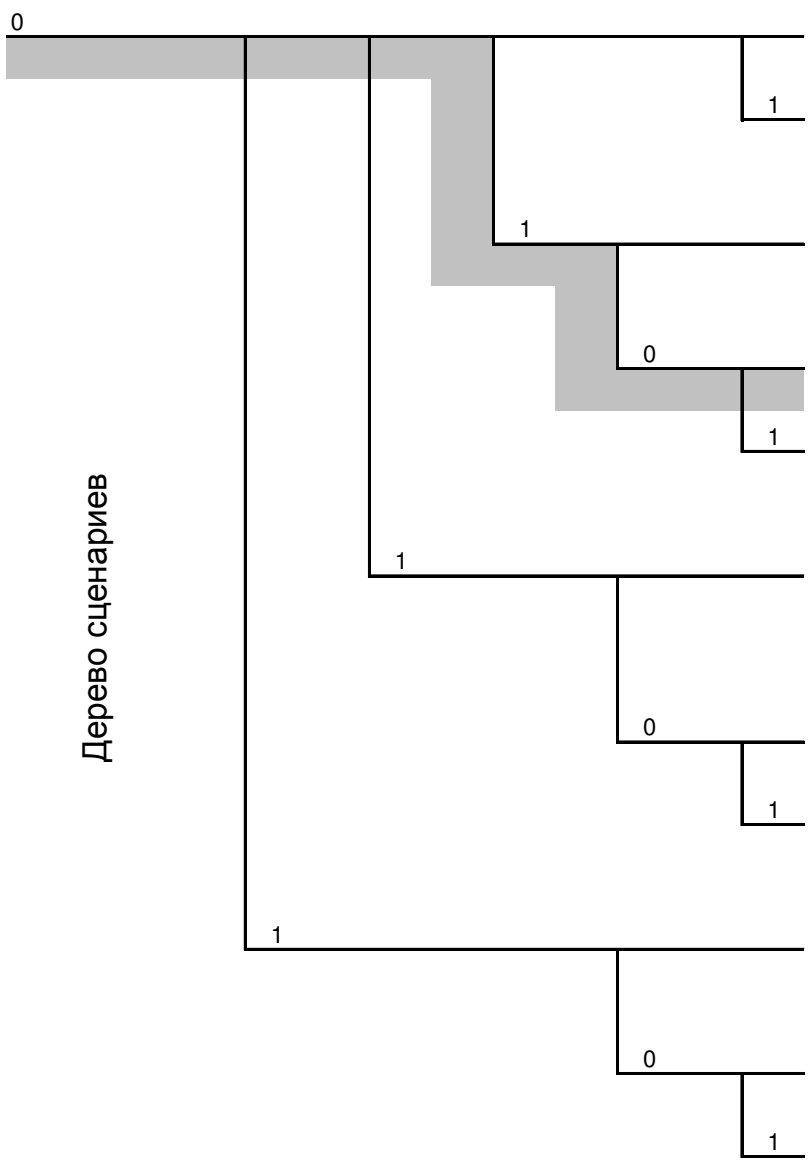


Рис.3. Дерево сценариев для модельной двухуровневой системы, соответствующее модели Белла.

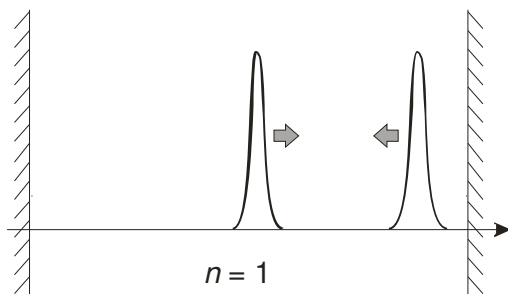


Рис. 4. Актуальное состояние двухуровневой модельной системы в рамках сценария $0 \rightarrow 1^{(2)}$ после завершения второго периода взаимодействия в рамках модели Белла.

Однако, еще более интересное наблюдение можно сделать, проанализировав внимательно построенное нами дерево сценариев. Рассмотрим вновь упоминавшийся выше сценарий $0 \rightarrow 1^{(3)} \rightarrow 0^{(4)}$, выделенный серым цветом на рис.3. В рамках данного сценария после бифуркации №3 осциллятор переходит в возбужденное состояние. Поскольку в рассматриваемом приближении (22) движение осциллятора является квазиклассическим, можно было бы предположить, что следующий переход возможен не ранее, чем осциллятор долетит до противоположного барьера, то есть через промежуток времени $\Delta t^{(6/p)} = \sqrt{5}$. Однако, в рамках рассматриваемого сценария следующий переход происходит значительно ранее – уже через $\Delta t^{(6/p)} = 0.24$ – то есть почти в 10 раз быстрее! После этого нового перехода осциллятор оказывается в основном состоянии. Данный пример иллюстрирует тот факт, что ОИ Белла, вообще говоря, не допускает использование наглядных пространственно-временных образов при рассмотрении динамики актуального состояния системы даже в квазиклассическом приближении. Причем следует отметить, что данная особенность модели Белла, вообще говоря, не является следствием каких-либо интерференционных эффектов и проявляется даже в тех случаях, когда волновые пакеты не интерферируют.

Следует подчеркнуть, что сказанное вовсе не означает, что ОИ противоречит стандартной КМ. Ведь, в рамках последней вообще некорректно говорить о квантовых переходах в системе в периоды между двумя измерениями. Для того, чтобы реально проверить предсказания модели Белла, нам потребовалось бы организовать соответствующую процедуру измерения. Например, мы могли бы снабдить каждый барьер датчиком, измеряющим импульс, переданный ему при отражении частицы.³⁹ Естественно, такой прибор будет влиять на ход динамики системы, поскольку он потребляет её энергию, однако, как можно показать, в квазиклассическом приближении (20) может быть создан достаточно «деликатный» прибор, который не будет вносить в динамику волновой функции больших изменений.⁴⁰ Поскольку импульс, передаваемый барьеру, в случае упругого и неупругого отражения осциллятора разный, по измеренной величине переданного импульса можно определить, изменилось ли внутреннее состояние

³⁹ Данные рассуждения могут показаться не совсем корректными по отношению к одномерной модели, однако, модельный характер нашей системы не играет в данном случае принципиальной роли. Если читатель настаивает на более тщательном подходе, он может либо перейти к рассмотрению реальных трехмерных систем, обсуждавшихся выше (двухатомная молекула в узком потенциальном желобе, молекула между двумя потенциальными барьерами и т.п.), либо, оставаясь в рамках модельной системы, придумать для нее «одномерный прибор». Независимо от того, какой путь будет выбран, это не повлияет принципиально на те качественные выводы, которые будут нами сделаны далее.

⁴⁰ При этом сохранится возможность пользоваться приближением компактных волновых пакетов и формулой для пролетных времен (23) (по крайней мере, в течение определенного времени). Времена начала периодов взаимодействия практически не изменятся, однако, условия интерференции волновых пакетов (например, проявляющейся в шестой период взаимодействия) все же будут, строго говоря, уже другими.

осциллятор при ударе о барьер или нет. Если два датчика прибора размещены в обоих барьерах и регистрируют все удары в течение всего времени начиная с начального момента, появляется возможность точно определить последовательность переходов, реально имевших место в ходе эволюции системы.

На первый взгляд может показаться, что на данном примере мы доказали, что ОИ противоречит стандартной КМ (и, следовательно, эксперименту). Однако, в действительности это не так. Дело в том, что несмотря на то, что воздействие прибора на систему будет слабым, динамика актуального состояния в рамках ОИ претерпит весьма радикальные изменения вследствие изменения общей структуры системы. Действительно, ведь в данном случае осциллятор сам по себе уже не будет обладать волновой функцией, и нам потребуются рассматривать полную волновую функцию системы «осциллятор + прибор». Причем, если мы желаем отследить не один переход, а целый сценарий, прибор должен включать в себя блок памяти, в котором хранится история измерений. И если мы считаем, что прибор действительно способен что-то актуально измерять, мы должны включить переменные, определяющие состояние памяти прибора, в число актуализируемых.⁴¹

С учетом перечисленных изменений структура дерева сценариев в рамках ОИ радикально изменяется. Чтобы рассмотреть ее, для определенности предположим, что все ячейки памяти одинаковы по устройству и могут кодировать одно из трех чисел: $i = 0, 1$ или 2 . Датчики на левом и правом барьерах действуют независимо, и каждый из них имеет собственный блок памяти. Система управления памятью каждого датчика действует по следующему алгоритму: в начальный момент все ячейки находятся в состоянии $i = 0$. Когда регистрируется первый удар о данный барьер, в первую ячейку памяти записывается значение $i = 1$, если был измерен упругий удар, и значение $i = 2$ – если неупругий (с изменением внутреннего состояния осциллятора). Когда регистрируется второй удар о барьер, таким же образом производится запись во вторую ячейку – и т.д. Тогда в течение времени между периодами взаимодействия волновая функция системы будет описываться суперпозицией волновых пакетов вида:

$$F_n(x,t)g_n(y)\Psi_{m_1}^{(l)}(q_1^{(l)})\Psi_{m_2}^{(l)}(q_2^{(l)})\dots\Psi_{k_1}^{(r)}(q_1^{(r)})\Psi_{k_2}^{(r)}(q_2^{(r)})\dots, \quad (29)$$

где Ψ_i – собственная функция записанного числа i , характеризующего состояние ячейки памяти; $m_1, q_1^{(l)}$ – записанное число и координаты первой ячейки памяти левого датчика, $m_2, q_2^{(l)}$ – записанное число и координаты второй ячейки памяти левого датчика – и т.д.; $k_1, q_1^{(r)}$ – записанное число и координаты первой ячейки памяти правого датчика; $k_2, q_2^{(r)}$ – записанное число и координаты второй ячейки памяти правого датчика – и т.д. При этом, поскольку описанная процедура измерения позволяет однозначно определить историю всех квантовых переходов осциллятора, любые два пакета вида (29) оказываются ортогональными друг другу.

Как уже было сказано, актуализируемый набор будет включать в себя кроме внутренней энергии осциллятора еще и содержимое памяти прибора $m_1, m_2, \dots, k_1, k_2, \dots$, по этой причине дерево сценариев будет радикально отличаться от представленного на рис.3. Нетрудно показать, что в такой системе существует взаимнооднозначное соответствие между сценариями актуальной динамики и волновыми пакетами (29), составляющими волновую функцию системы. Каждый сценарий будет связан с единственным волновым пакетом, и переходы в рамках данного сценария будут происходить тогда, когда связанный с ним волновой пакет входит во взаимодействие с

⁴¹ Данное требование является существенным, поскольку ОИ успешно решает проблемы измерения (5)-(8) только при условии, что в число актуализируемых величин входит достаточно репрезентативный комплект переменных, описывающих прибор и экспериментатора. Только в этом случае становится понятно, почему экспериментатор, будучи квантовой системой, тем не менее реально обладает актуальным бытием и что-то действительно наблюдает.

барьерами. Поскольку волновые пакеты перемещаются квазиклассически, переходы в рамках каждого сценария будут происходить в точном соответствии с наглядными кинематическими моделями, то есть будут разделены временными промежутками, равными соответствующим пролетным временам (23).⁴² Также и функции $\psi(q,t)$, характеризующие актуальное состояние, «неожиданно» начинают нести адекватную информацию о величинах, не входящих в число актуализируемых. Актуальное состояние теперь всегда описывается только одним волновым пакетом, локализованным там, где ему и «следовало бы» быть локализованным, и двигающимся с такой скоростью и в таком направлении, как ему и «следовало бы» двигаться (исходя из наглядных кинематических представлений).

Возникает вопрос, в чем же причина столь радикальных изменений? Ведь прибор воздействует на систему слабо и, казалось бы, не способен столь радикальным образом изменить ее динамику. Конечно, может быть выдвинуто возражение, что сравнение некорректно, поскольку рассмотренные нами наборы актуализируемых величин в случае систем «осциллятор между барьерами» и «осциллятор между барьерами + прибор» были разными. Однако, данное замечание легко учесть, рассмотрев вариант системы «осциллятор + незадействованный прибор», в которой прибор присутствует, но не задействован (лежит рядом с исследуемой системой). Очевидно, что в такой ситуации набор актуализируемых величин совпадает с уже рассмотренным нами набором для случая работающего прибора, а волновая функция системы по-прежнему определяется суперпозицией волновых пакетов вида (29). Однако, дерево сценариев системы «осциллятор + незадействованный прибор» будет совпадать с рис.3, поскольку прибор, хотя и присутствует, но никаких переходов в нем не происходит. Следовательно, данное возражение не является существенным.

Может быть, дело в нарушении условий тонких эффектов интерференции пакетов волновой функции, которое, как было отмечено выше, может все же вноситься прибором даже в случае слабого воздействия на систему? Однако, такого рода интерференционные эффекты возникают впервые только в ходе шестого периода взаимодействия, в то время как принципиальные различия в актуальной динамике систем «осциллятор между барьерами» и «осциллятор между барьерами + прибор» возникают значительно раньше (в частности, в приведенных выше примерах обсуждались второй, третий и четвертый периоды взаимодействия). Значит, интерференционные эффекты в данном случае также не играют первостепенной роли.

В действительности, ключевой причиной изменения динамики системы является появление в ней *материальной памяти*, хранящей в себе историю эволюции системы. Для того, чтобы еще более убедительно продемонстрировать реальность данного эффекта, мы могли бы рассмотреть еще один вариант конфигурации системы, в которой датчики работают, но отключены от своих блоков памяти. Нетрудно показать, что дерево сценариев системы «осциллятор между барьерами + прибор с отключенной памятью» будет отличаться от рис.3 (поскольку датчики все же фиксируют текущие переходы), однако, актуальная динамика такой системы все же будет качественно аналогична динамике самой первой из рассмотренных нами конфигураций «осциллятор между барьерами». Также как и в случае варианта актуальной динамики, представленной на рис. 3 и 4, будут возникать актуальные состояния, описываемые несколькими волновыми пакетами, а также реализовываться последовательности переходов, абсурдные с точки зрения наглядных кинематических представлений. С математической точки зрения такой характер актуальной динамики обусловлен отсутствием однозначной взаимосвязи между сценариями и пакетами волновой функции.

⁴² Заметим впрочем, что, как уже было сказано, такого результата можно было бы ожидать априори, исходя из того, что ОИ является интерпретацией КМ и не может противоречить последней. Представленные выше выкладки имели целью не столько доказать соответствие между ОИ и КМ, сколько продемонстрировать, *каким образом* возникает это соответствие на наглядном примере.

Для иллюстрации роли материальной памяти можно было бы провести следующий мысленный эксперимент. Сначала мы мысленно рассматриваем актуальную динамику системы в рамках ОИ при работающих датчиках, но отключенной памяти и наблюдаем актуальную динамику, в целом несовместную с наглядной кинематикой. Затем мы повторяем тот же эксперимент при подключенном блоке памяти и наблюдаем качественно отличные сценарии эволюции системы, полностью совместные с наглядной кинематикой. Получается, что все изменяет единственный щелчок тумблера, подключающего датчики к блокам памяти! Очевидно, что в данном случае уместно говорить не о силовом (или энергетическом) воздействии прибора на систему, а скорее об *информационном*.

Обобщая результаты исследований, представленных в настоящем разделе, мы можем сделать два качественных вывода:⁴³

- ✓ В рамках ОИ Белла сценарии актуальной динамики системы в общем случае несовместны с наглядными пространственно-временными моделями даже в квазиклассическом случае. (30)
- ✓ В то же время они становятся совместными с наглядными пространственно-временными представлениями при условии подробной фиксации актуальной динамики системы, имевшей место в прошлом в материальной памяти системы. (31)

Данные два свойства можно рассматривать в качестве наглядной иллюстрации как принципа несепабельности КМ (4), так и субъект-объектной взаимозависимости (3). Свойство (30) можно также интерпретировать как одно из нетривиальных проявлений действия материальных трансцендентных факторов, что, как уже упоминалось выше, делает ОИ весьма привлекательной и перспективной моделью с точки зрения поставленной авторами задачи синтеза физики и метафизики.

Однако, с другой стороны, как уже было отмечено, действие материальных трансцендентных факторов в рамках ОИ выглядит в некотором роде избыточным, что в частности, сказывается в потере наглядности. Действительно, свойства (30) и (31) выглядят совершенно парадоксальными с точки зрения нашей привычной интуиции и могут даже создавать определенное чувство неудобства и неуверенности. Ведь согласно ОИ получается, что мир, в котором мы живем, ведет себя привычным для нас образом только тогда, когда мы на него смотрим. Однако, стоит нам «отвернуться», и он начинает вести себя *совершенно* по-другому. Конечно, если быть точным, для того, чтобы мир совершил такую метаморфозу, от него должны отвернуться не только мы, но и все остальные наблюдатели. Однако, данное обстоятельство, хотя возможно и придает нам больше уверенности при общении с таким «предательским» миром, все же не устраняет проблему полностью.

В определенном смысле поведение квантовомеханических систем в рамках ОИ можно образно сравнить с уловками хитрого и невероятно пунктуального *преступника*. Когда это преступник знает, что его действия оставляют материальные улики (которые могут быть в принципе выслежены неким Шерлок Холмсом), он ведет себя «лояльно» (по отношению к нашим наглядным представлениям). Однако, лишь только возникает малейшая возможность действовать скрытно, не оставляя такого рода материальных улик, «мир-преступник» немедленно начинает творить свои «преступления» (игнорировать привычные нам пространственно-временные модели).

Такого рода следствия безусловно интересны, нетривиальны и могут найти немало глубоких аналогий с миром метафизики, однако, их проявление в столь экстремальной

⁴³ Строго говоря, для должного обоснования формулируемых ниже выводов следовало бы рассмотреть более общую задачу, нежели чем простейший пример, приведенный нами выше. Однако, с другой стороны, мы вполне можем опираться на полученные нами результаты как на прецедент: если такие нетривиальные свойства модели Белла проявляются уже в простейшей модели, нет причин ожидать, что они не будут сказываться в более сложных реальных системах.

форме ведет к потере наглядности модели, что безусловно является недостатком. Хотя, как уже говорилось, наглядность и не является обязательным свойством интерпретации КМ, полностью сбрасывать со счетов данный аспект тоже было бы неправильным. При прочих равных (т.е. при одинаковой физико-математической успешности и метафизической адекватности модели) выбор всегда должен делаться в пользу более наглядной интерпретации.

Итак, резюмируя результаты разделов 4 и 5, мы можем заключить, что объективная интерпретация Белла хороша, но не идеальна, в связи с чем значительный интерес представляют возможности ее дальнейшего развития и совершенствования, которые будут обсуждаться в последующих разделах.

Литература к части 1

1. Aspect A., Dalibard J., Roger G., Experimental test of Bell's inequalities using time-varying analyzers. – *Phys. Rev. Lett.*, v.49, p. 1804-1807 (1982)
2. Bell J.S., On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox, *Physics* 1, p.195-200 (1964)
3. Bell J. S., Beables for quantum field theory, *CERN-TH 4035/84* (1984)
4. Bell J. S., Introduction to the hidden-variable question. – In: *Foundation of Quantum Mechanics*, ed. B. d'Espagnat, Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1971, p. 171-181
5. Bell J. S., *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*, Cambridge university press, 1987
6. Bohm D., A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden Variables", part I, *Physical Review*, v. 84, p. 166-193 (1952).
7. Colin S., The deterministic Bell model, *quant-ph 0310055 v.1* (2003)
8. Dasgupta S.B., *An Introduction to Tantric Buddhism*, University of Calcutta, 1974
9. De Witt B. S., Graham N. (eds.), *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*, Princeton: University press, 1973
10. Everett H., Relative state formulation of quantum mechanics, *Rev. Mod. Phys.*v. 29 (1957)
11. Sudbery A., Objective interpretations of quantum mechanics and the possibility of deterministic limit, *J. Phys. A* v. 20 1743-1750 (1987)
12. Абхинавагупта, Основы теории мантр (Метафизика звука согласно трактату «Паратришика-виварана») / пер. с англ., М.: Шечен/Амрита-Русь, 2006
13. Говинда А., Основы тибетского мистицизма / пер. с англ., СПб.: Андреев и сыновья, 1993
14. Кант И, Критика чистого разума. – Сочинения в шести томах, т.3, М.: Мысль, 1964
15. Никулин Д. В., *Пространство и время в метафизике XVII века*, Новосибирск: ВО «Наука», 1993
16. Орлов А., *Читтаматра: миф и реальность*, М.: ЦБИ Шечен, 2005
17. Пандит Б. Н., *Основы кашмирского шиваизма* / пер. с англ., М.: Профит Стайл, 2004
18. Рист Дж. М., *Плотин: путь к реальности* / пер. с англ., Спб.: Издательство Олега Абышко, 2005
19. Садбери А., *Квантовая механика и физика элементарных частиц* / пер. с англ., М.:Мир, 1989

Исследовательский Центр «Шечен»
<http://www.shechen.ru>
e-mail: info@shechen.ru

ООО «Центр буддологических исследований «Шечен»
Издательская лицензия ИД №01017 от 21.02.2000

Препринт. Научное издание
Подписано в печать 15.03.2007.