

Обзор докладов круглого стола «Фундаментальные проблемы современной квантовой механики»

Институт философии РАН, 19 мая 2019 г.

*Севальников А. Ю., Институт философии РАН (г. Москва)
sevalnicov@rambler.ru*

Аннотация: Обзор посвящен круглому столу «Фундаментальные проблемы современной квантовой механики», состоявшемуся 19 мая 2019 г. в Институте философии РАН. В круглом столе принимали участие известные специалисты в этой области, как из России (Москва, Санкт-Петербург и Воронеж), так и из Белоруссии (Минск). В рамках мероприятия был рассмотрен широкий круг проблем, связанный с вопросами интерпретации квантовой механики, что в последнее время стало крайне актуальным. Основной же вопрос, обсуждаемый участниками, был связан прежде всего с онтологическим статусом квантовых объектов, т. е. с проблемой реальности квантовых объектов. Модераторы круглого стола А. Ю. Севальников и В. Э. Терехович заранее поставили перед участниками вопросы, на которые все давали свои ответы. Вопросы были следующие.

1. Существуют ли квантовые объекты (векторы состояния) между измерениями (пси-оптическая точка зрения)? Или волновая функция описывает только наше знание (пси-эпистемологическая точка зрения)?

2. В чем достоинства двухмодусной модели существования «потенциальное-актуальное» для описания квантовых явлений?

3. Какие части формализма квантовой теории наиболее адекватно описывают существование квантовых объектов (вектор состояния, операторы поля, комплексная фаза, возможные пути в формализме интегралов по траекториям)?

4. Возникает ли классический мир из квантового мира, и если да — то как?

5. В каком пространстве существуют векторы состояния (суперпозиция)?

6. В каком времени существуют векторы состояния (суперпозиция)?

Ключевые слова: квантовая механика, философия, онтология, проблема реальности, потенциальное, актуальное.

На данный момент в квантовой механике сложилась совершенно уникальная ситуация. Мы вправе говорить о новой квантовой революции. Она касается как подтверждения ее фундаментальных оснований, так и целого ряда новых открытий в этой области. Многие из вопросов, которые сейчас активно обсуждаются, не ставились «отцами-основателями» квантовой теории, но, на наш взгляд, даже не могли быть ими и помыслены. Кроме широко обсуждаемой проблематики, связанной с квантовой информацией, квантовыми компьютерами, квантовой криптографией и телепортацией, теорией «запутанных состояний», которая стала находить широкое применение, мы бы выделили четыре аспекта, которые имеют прямое отношение к философии. Два аспекта,

связанных со временем в квантовой механике, один — связанный с причинностью, и еще один — с пониманием (и понятием) реальности. Разложим их по пунктам.

1. Наблюдение «влияния» будущего на прошлое.
2. Обратный ход времени в квантовой области.
3. Одновременное существование причины и следствия.
4. Ну и самое, пожалуй, поразительное (однако это верно, если нет ошибок в самых последних экспериментах!) — то, что одна и та же реальность, например, фотон или электрон, может совершенно по-разному наблюдаться разными экспериментаторами. Правда, еще раз повторим, этот пункт еще должен дожидаться дальнейшего экспериментального подтверждения.

Однако ключевая проблема, встающая перед физиками и философами, которые пытаются интерпретировать парадоксальные эффекты квантовой механики, состоит в следующем. Если истинность квантовой теории подтверждается множеством экспериментов, то дискуссия о реальности вводимых ею объектов далека от завершения. Ключевая проблема, обсуждающаяся с самого зарождения квантовой теории и вплоть до сегодняшнего дня, состоит в следующем вопросе. Представляют ли квантовые состояния нечто в объективной реальности, и если да, то каковы особенности этой реальности? Обсуждая этот вопрос, мы должны решить две языковых и философских проблемы.

Во-первых, в вопросах о реальности обычно подразумевается, что объект (событие) может или существовать (происходить), или нет. Но такая двоичная логика, заложенная в вопросе, сразу же порождает парадоксы в описании квантовых явлений. Возможно, более перспективным было бы вводить, как это и предлагается, различие между модусами существования, например, «актуальное-действительное» и «потенциальное-возможное».

Во-вторых, не определен сам термин «объективная реальность». Если объективность означает независимость от субъекта, тогда что понимать под субъектом, получающим информацию о квантовом состоянии? Любого индивидуума, обладающего сознанием, подготовленного физика, измерительный прибор, любые макрообъекты или что-то еще? И что скрывается под двумя принципами квантовой механики, о которых говорит Ричард Фейнман (*Фейнмановские лекции по физике*. Т. 3–4, М., 1977, с. 217): либо событие может произойти несколькими взаимоисключающими способами, либо мы можем узнать, какая из этих альтернатив осуществляется. В двух случаях мы имеем различные правила определения вероятности обнаружения квантового объекта. По самому Фейнману, существование этих двух принципов представляет из себя «крепкий орешек», который «разгрызть человеку не по зубам» (*там же*, с. 218). Так ли это? Что вообще означает понятие существования? Можем ли мы вообще говорить о существовании квантовых объектов в пространстве-времени?

В связи с этим модераторы круглого стола А. Ю. Севальников (Институт философии РАН) и В. Э. Терехович (Санкт-Петербургский Государственный университет) предложили сосредоточиться на первой группе вопросов, связанных с проблемой существования (реальности) квантовых объектов. Перед участниками были поставлены следующие вопросы.

1. Существуют ли квантовые объекты (векторы состояния) между измерениями (пси-онтическая точка зрения)? Или волновая функция описывает только наше знание (пси-эпистемологическая точка зрения)?
2. В чем достоинства двухмодусной модели существования «потенциальное-актуальное» для описания квантовых явлений?
3. Какие части формализма квантовой теории наиболее адекватно описывают существование квантовых объектов (вектор состояния, операторы поля, комплексная фаза, возможные пути в формализме интегралов по траекториям)?
4. Возникает ли классический мир из квантового мира, и если да — то как?
5. В каком пространстве существуют векторы состояния (суперпозиция)?
6. В каком времени существуют векторы состояния (суперпозиция)?

Параллельно с этими вопросами обсуждались и кратко затрагивались и другие. Первая группа вопросов касалась проблемы измерения в квантовой механике.

Каков механизм перехода от суперпозиции к классическому состоянию? Нужно ли сохранять представление о мгновенном коллапсе волновой функции? Как можно разделить квантовую и классическую части наблюдателя и его приборов?

Какова роль наблюдателя (его сознания и воли) в переходе от суперпозиции к классическому состоянию? Что важнее — знание наблюдателя или сама возможность получения знания (наличие информации в системе)? Можно ли говорить, что наблюдатель участвует в создании классической реальности? Какой объект можно называть наблюдателем?

Почему в экспериментах для разрушения суперпозиции и интерференции достаточно лишь возможности получить информацию о свойствах квантовой частицы, а не самого наблюдения?

Почему измерение подчиняется правилу Борна? Почему одни возможности (компоненты волновой функции) имеют больше шансов стать наблюдаемыми?

Почему состояния, возникшие после разрушения суперпозиции (результаты измерения), подчиняются классическим законам?

Достаточно ли механизма декогеренции для объяснения перехода от суперпозиции к классическому состоянию?

Следующая проблема касалась причинности в квантовой области.

Квантовая неопределенность — это свойство квантовой реальности или нашего знания?

Какие законы (какая причинность) первичны — вероятностные или однозначные (детерминизм)?

Автор обзора приведет со своими краткими комментариями (и критикой) тезисы участников круглого стола. Одним из первых выступил В. В. Аристов (г. Москва) и дал следующие ответы на вопросы модераторов круглого стола. По вопросу существования волновой функции, верности пси-онтической или пси-эпистемологической точки зрения, докладчик считает, что если использовать «аристотелевскую терминологию» (при описании им времени), что квантовые объекты почти существуют, и пси-онтическая позиция включает пси-эпистемологическую, и тем самым между ними указывается некоторая связь. Для раскрытия такой связи надо вводить конструктивно новое

пространство-время. Такое реляционное статистическое пространство-время предполагает определенное суммирование по элементам мира, при этом включаются новые параметры глобального свойства, которые хотелось бы назвать «открытыми параметрами» в противоположность известным скрытым параметрам, которые не способны объяснить известные квантовые явления. Ли Смолин также говорит о возможности включения в расширенную физическую теорию новых параметров, неких по сути космологических факторов: «...скрытые параметры связаны не с уточненным описанием отдельных элементов квантовой системы, а с взаимодействием системы с остальной Вселенной. Мы можем назвать их скрытыми реляционными параметрами» [1]. В определенном смысле это перекликается также с реляционным статистическим подходом, развиваемым Ю. С. Владимировым [2]. Важно подчеркнуть, что большинство современных обобщенных физических теорий (суперструны, петлевая квантовая гравитация) предполагают, что непрерывность известного пространства-времени нарушается только на планковских масштабах. В нашем реляционном статистическом подходе дискретность начинает проявляться уже на атомарных масштабах. Именно с этим связаны квантовые эффекты. Построение такой обобщенной теории пространства и времени в масштабах от атомарного до космологического позволяет предложить единый аппарат для квантовых и гравитационных явлений [3].

По вопросу двухмодусной модели описания реальности В. В. Аристов считает, что в нынешней теории такая модель, если подразумевать принцип дополнительности, позволяет правильно описывать явления и предсказывать новые, но в рамках все же вероятностного описания, более общая теория, возможно, будет использовать один модус. На наш взгляд, здесь докладчик совершает ошибку. Уже В. Гейзенберг считал, что необходимо использование двухмодусной модели реальности, связываемой им с концепцией «потенциальное-актуальное» у Аристотеля. Соответственно, по вопросу наиболее адекватного описания квантовых объектов докладчик считает, что части настоящего формализма — это части одного и того же подхода, поэтому различие их — в рамках одной традиционной теории.

Отвечая на вопрос, возникает ли классический мир из квантового мира, и если да — то как, В. В. Аристов, как и все докладчики, считает, что классический мир возникает из квантового. Существенную роль, по его мнению, играет принцип соответствия. С помощью известных процедур при стремлении постоянной Планка к нулю можно перейти к классической механике, а в более общей теории — и к классическому пространству-времени.

На наш взгляд, поддержанный и С. Н. Жаровым принцип соответствия в квантовой механике напрямую не работает. Точнее говоря, операция устремления постоянной Планка к нулю не совсем законна. Квант действия носит хоть и малый, но конечный характер.

Более того, при отбрасывании членов, содержащих постоянную Планка, отбрасываются и комплекснозначные переменные, таким образом, меняется математическая природа описываемых объектов. При этом соответствующие процедуры, о которых говорит В. В. Аристов, вообще становятся незаконными. В выступлениях

упоминалось, что принцип соответствия в квантовой области не совсем корректен, что отмечалось еще в нашей литературе 60-х годов прошлого века.

При ответе на вопрос, в каком пространстве существуют векторы состояния (суперпозиция), докладчик отметил следующее. При традиционном описании и математическом формализме пространство состояний — это комплексное сепарабельное гильбертово пространство, а состояниям соответствуют классы нормированных элементов этого пространства. Для более общего описания, где не будет двухмодусности, что является определенным недостатком нынешней теории, — в многомерном реляционном статистическом пространстве.

Совершенно особый характер носил доклад математика С. А. Векшенова (г. Москва, Российская академия образования). Его доклад назывался «Нестандартный формализм квантовой механики». Основные положения доклада следующие. Классический формализм квантовой механики можно назвать «феноменологическим» в том смысле, что его основной задачей является вложение квантово-механических эффектов в некоторую математическую раму. Цель такого вложения прежде всего прагматическая — обеспечить возможность адекватных расчетов. Поскольку основой такой феноменологии является принцип суперпозиции, соответствующая математика — это линейные (гильбертовы) пространства и операторы.

С другой стороны, факт моделирования реальных спектров квантовых объектов неприводимыми представлениями групп вращений $SO(3)$ и $SU(2)$ наводит на мысль, что именно вращение является абстрактной основой квантовой теории. Заметим, что значительная часть физиков (В. Гейзенберг и др.) расшифровывают этот факт по-иному: онтологическую основу квантовой теории они видят в симметриях. Тем не менее можно попытаться развить высказанную мысль о вращениях как фундаментальной основе квантовой теории.

Вернемся к истокам квантовой теории (приблизительно к 10-м годам XX века). Одним из этапов ее становления было, как известно, утверждение, что существует величина \hbar ячейки фазового пространства, и для каждой степени свободы периодических одномерных движений возможны лишь состояния, удовлетворяющие условию:

$$\oint pdq = \hbar.$$

Данному утверждению можно придать следующий смысл.

Если названный интеграл не зависит от выбора контура, то можно предположить, что каждая циркуляция по выбранному контуру является пространственной реализацией некоего абстрактного вращения \cup . Поскольку \cup абстрактно, интеграл не должен зависеть от выбора контура. Сложность состоит в самом понятии абстрактного вращения, вращения «нигде». Разумеется, такое вращение является некой «за-пространственной» сущностью. В данной заметке мы покажем, что именно эта «за-пространственность» и приводит к фундаментальным структурам квантовой теории. По этой причине будем называть такое абстрактное вращение «фундаментальным вращением».

Примечание. Фундаментальное вращение \cup приобретает строгий смысл в контексте т. н. порядковой бесконечности, предложенной автором данной заметки. В определенном смысле в этом понятии реализуется идея «нестандартности», впервые продемонстрированная в «нестандартном» (не архимедовом) анализе в 1961 г. Идейное приравнение бесконечно малой величины dx к обычным действительным числам дает значительный технический эффект и в ряде случаев позволяет строить конструкции, более строго следующие интуиции.

«За-пространственность» \cup не опровергает очевидного факта, что квантовые объекты обладают физической реальностью, т. е. присутствуют в пространстве и во времени.

Данная ситуация не является уникальной: отрезок конечной длины в рамках теоретико-множественной идеологии представляется континуальным объединением элементов («точек») меры нуль. Эти точки также являются абстракцией по отношению к зримым объектам пространства.

Основываясь на этой идее и опираясь на конструкцию «сюрреальных» чисел Д. Конвея, можно построить из континуума некий «квантовый объект», заменив «точку» на «фундаментальное вращение». Это откроет возможность строить из фундаментальных вращений и другие квантовые объекты. Данная конструкция показывает, что ключевым понятием квантовой теории является *фаза*, представленная в виде последовательности «за-пространственных» фундаментальных вращений.

«За-пространственность» этих вращений проявляется в том, что их «погружение» в пространство-время оборачивается некими инвариантами, которые фиксируют эту «за-пространственность». Пример такого инварианта можно найти в работах А. П. Ефремова.

Из фундаментальных вращений можно конструировать квантовые объекты, придерживаясь при этом вполне конкретной аксиоматики, которая фиксирует, с одной стороны, арифметику Конвея, с другой стороны — названные инварианты.

Построив аксиоматику, мы выходим на «оперативный простор» и можем двигаться в различных направлениях, в частности, выводить уравнения Шредингера и Рариты-Швингера.

Некоторые метафизические комментарии.

1. Самые сильные и красивые результаты в поле математики (к которому, несомненно, относится и теоретическая физика) получаются при использовании бесконечности как позитивной конструкции (а не просто «аварийной лампочки», сигнализирующей о бедственном положении теории). Операторный формализм идейно и технически опирается на теорию множеств и, следовательно, теоретико-множественную, количественную бесконечность. Соответственно, вся квантовая теория, по крайней мере через математику, оказалась привязанной к пространству-времени (кстати, еще одному порождению теоретико-множественной доктрины).

Упомянутый формализм опирается на более сильную порядковую бесконечность, позволяющую рассматривать фазу волновой функции как отдельную «за-пространственную» сущность, наделенную тем не менее конкретной структурой (в рамках традиционного формализма этому есть некоторый аналог: переход от группы Ли вращения пространства к алгебре Ли). В целом же названный формализм соотносится

с операторным формализмом приблизительно так же, как « ϵ - δ » анализ соотносится с нестандартным (не архимедовым) анализом. При этом нестандартный формализм квантовой механики обладает следующими примечательными особенностями:

— основной корпус уравнений квантовой механики является проявлением инвариантных структур фундаментальных вращений;

— на основе фундаментальных вращений можно сгенерировать само пространство-время.

Это, в частности, показывает, что фундаментальная для реляционной парадигмы задача генерации пространства-времени из физических взаимодействий имеет математически корректное решение (а priori это далеко не очевидно).

2. Отдельного обсуждения заслуживает понятие «за-пространственности». В свое время, создавая теорию множеств, Г. Кантор ввел понятие трансфинитных, но не трансцендентных объектов. Эта позволило, в частности, посмотреть на конечное глазами бесконечности, что дало неисчислимо количество содержательных результатов. В данном случае в роли «конечного» выступает «пространство», а в роли «трансфинитного» — порядковая бесконечность, завершающая «время» (разумеется, если «время» подверстано под «пространство», эта ситуация просто не возникает). Как было показано, в этой области возникает дискретность. Однако эта дискретность имеет совершенно иную природу, чем дискретность, из которой конструируется непрерывное (можно назвать эту область дискретности «предгеометрией» или «пред-пространством»). «За-пространственная» дискретность обусловлена возможностью «свертывать» пространственно-временные структуры в бесконечные объекты, наделенные внутренней динамикой. Допуская некоторую вольность в образах, можно сказать, что над пространством-временем «висит» некий дискретный мир (вроде многослойной вселенной в «Розе мира» Д. Андреева), динамика которого отражается в пространстве-времени. Разумеется, дух платоновской пещеры присутствует и здесь, но он хорошо «взвешен и измерен». Независимо от образов и ракурса наблюдения (при определенном угле зрения «за-пространство» можно считать «пред-пространством»), приведенный формализм показывает, что квантовые объекты существуют на водоразделе пространства-времени и некоторых внепространственных сущностей. Всякий адекватный формализм, как нам представляется, должен исходить из этой двойственности.

Круглый стол наряду с А. Ю. Севальниковым открывал Ю. С. Владимиров с кафедры теоретической физики Физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. Его доклад назывался «Квантовая теория в реляционной парадигме».

Докладчик отметил, что современная квантовая теория сформулирована в рамках теоретико-полевой парадигмы; точнее, ее создание ознаменовало появление этой парадигмы. В работах автора [7, 8] обращается внимание на наличие в современной теоретической физике трех дуалистических (основанных на парах категорий) парадигм: 1) теоретико-полевой (ныне доминирующей), 2) геометрической (основанной на ОТО и ее обобщениях) и 3) реляционной (основанной на идеях Г. Лейбница и Э. Маха).

Ю. С. Владимиров показывает, что наиболее перспективной является реляционная парадигма, ключевым понятием которой является категория отношений. Именно с этих позиций в этих тезисах предлагаются ответы на поставленные организаторами встречи вопросы.

1. Вопрос об объективной реальности объектов в квантовой теории. С точки зрения реляционной парадигмы категории частиц и пространства-времени не являются отдельными. В основу реляционной парадигмы положена совокупность отношений между массивными частицами, которые являются характеристиками взаимодействий между частицами.

2. О двух модусах существования. Реляционный подход развивается на базе теории бинарных систем комплексных отношений (БСКО) [9, 10]. В этой теории элементы (частицы) характеризуются двумя наборами 2-компонентных спиноров, определяемыми двумя видами эталонных элементов (базисов): в прошлом и будущем. Параметры, задаваемые базисом в прошлом, предлагается считать прообразом пространственно-временных координат, тогда как параметры, определяемые базисом в будущем, следует трактовать как прообраз импульсного пространства. Первые параметры характеризуют уже случившиеся события, а вторые — возможные события в будущем, что имеет, по определению, вероятностный характер. Согласно данной интерпретации первые параметры можно считать характеризующими «актуально-действительное», а вторые — «потенциально возможное» (в терминологии А. Ю. Севальникова).

3. Возникает ли классический мир из квантового? В работах докладчика решительно поддерживается идея вывода классической геометрии и физики из понятий и закономерностей физики микромира. Он считает решение этой проблемы важнейшей задачей фундаментальной физики первой половины XXI века. Развиваемая в нашей группе бинарная предгеометрия нацелена на решение именно этой задачи [9, 10].

4. Как должна решаться проблема вывода классического мира из квантового? В рамках реляционного подхода вскрыто существование нового вида геометрий — бинарных, строящихся на двух множествах элементов, а не на одном, как это ныне принято. В работах группы Ю. И. Кулакова и Г. Г. Михайличенко [11, 12] показано, что общепринятые геометрии на одном множестве элементов можно трактовать как результат своеобразной склейки элементов двух множеств бинарной геометрии. В этом плане бинарные геометрии можно трактовать как первичные, а привычные унарные — как вторичные конструкции.

Ю. С. Владимировым с сотрудниками произведено обобщение бинарных геометрий (с вещественными парными отношениями) на случай бинарных систем комплексных отношений (БСКО) с целью их применения для описания физики микромира. Два множества элементов предложено трактовать как совокупности начальных и конечных состояний квантовых микросистем, а парные отношения между элементами двух множеств предлагается трактовать как прообразы комплексных амплитуд вероятностей переходов микросистем из начальных состояний в конечные. Это соответствует S-матричной формулировке квантовой механики.

В работах [9, 10] показано, что если в основание мира положить БСКО минимального (невыврожденного) ранга (3,3), то в ней элементы описываются 2-компонентными спинорами, а переход от такой бинарной предгеометрии к унарной геометрии приводит к общепринятой 4-мерной геометрии с сигнатурой (+ – – –). Этот результат можно трактовать как теоретическое обоснование размерности и сигнатуры геометрии классического пространства-времени.

5. Какова роль наблюдателя (его сознания и воли) в квантовой теории? В развиваемой бинарной предгеометрии отсутствуют субъективные факторы наблюдателя. В бинарной предгеометрии, как и в любой достаточно полной физической теории, присутствуют три фактора: рассматриваемые объекты, объекты, относительно которых производится рассмотрение, и весь окружающий мир. Вместо классического наблюдателя, обычно вводимого в квантово-механические рассуждения, в бинарной предгеометрии выступают эталонные элементы (базис). После перехода к классической физике они переходят в понятия тела отсчета (системы отсчета). Докладчик считает, что субъективные факторы вводятся в квантовую механику из-за отсутствия в ней указаний на ансамбль, обуславливающий вероятностный характер этой теории.

6. Природа квантовой неопределенности. Как представляется, квантовая неопределенность является ключевым фактором в формировании классической геометрии и всей классической физики. В основе данного утверждения лежат волновые свойства электромагнитного излучения. Испущенный источником свет может быть поглощенным различными поглотителями. В частности, именно на этой основе Р. Фейнман предлагает описывать явления дифракции и интерференции (см. [13]). Однако при этом возникает вопрос: только ли этим обусловлена роль возможных поглотителей и фазовых отношений, создаваемых испущенным излучением? Предлагается считать, что имеется и иная роль фазовых вкладов. Поскольку мы живем в «океане» испущенного, но еще не поглощенного излучения, то предлагается считать, что классические пространственно-временные отношения обусловлены совокупностью вкладов, создаваемых «океаном» испущенного (но еще не поглощенного) электромагнитного излучения.

Отмечалось, что эта идея соответствует соображениям о макроскопической природе пространственно-временных отношений, уже давно выдвигавшимся рядом математиков и физиков: П. К. Рашевским [14], Ван Данцигом [15], Е. Циммерманом [16], Р. Пенроузом [17] и рядом других авторов. Как правило, в названных работах не указываются носители (фазовых) вкладов, образующих классические понятия длин, а как нам представляется, таковыми являются именно электромагнитные излучения окружающего мира.

В связи с этим следует также напомнить вопрос В. Ф. Миткевича к Я. И. Френкелю во время диспутов 30-го года в Ленинградском политехническом институте [18] о том, что если принять концепцию дальнего действия, то тогда где может находиться энергия испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения. На тот момент четкого ответа на этот вопрос не было дано. Этот ответ дается автором доклада со своими сотрудниками, конкретно в работе с А. Б. Молчановым [19] по реляционному обоснованию космологического красного смещения.

7. Возможные пути в формализме интегралов по траекториям. Идея интегралов по траекториям была выдвинута Фейнманом при его попытках распространить идеи концепция дальнего действия на квантовую теорию. Однако с точки зрения последовательного реляционного подхода это было осуществлено некорректно. Дело в том, что последовательный реляционный подход опирается на три неразрывно связанные составляющие:

1) реляционное понимание классического пространства-времени как вторичного понятия, как абстракции от совокупности отношений между материальными объектами;

2) описание физических взаимодействий в рамках концепции дальнего действия, альтернативной общепринятой концепции ближнего действия;

3) принцип Маха, понимаемый как обусловленность локальных свойств систем (масс, инерции, самих отношений) глобальными свойствами окружающего мира (всей Вселенной).

В работах Фейнмана была проигнорирована первая составляющая. В его формализме траектории определялись на фоне априорно заданного классического пространства-времени.

8. Вопрос о возможном нарушении причинности в квантовой теории. В реляционном подходе по-новому выглядит проблема причинности и вообще вопрос обоснования этого принципа. Как известно, в работе Дж. Уилера и Р. Фейнмана [20] была предпринята попытка обосновать этот принцип с помощью так называемой теории мирового поглотителя. Однако оказывается, что эта проблема связана с «приручением» (опространствлением) времени, трактовкой его подобным пространству, т. е. симметричным в одну и в другую стороны. В реляционном подходе уже с самого начала, из-за появления двух наборов параметров в бинарной предгеометрии, производится разделение прошлого и будущего. Поскольку от бинарной предгеометрии осуществляется переход к общепринятой унарной 4-мерной геометрии, то при этом переходе принцип причинности восстанавливается. Таким образом, в рамках бинарной предгеометрии уже сама постановка этого вопроса выглядит совершенно иначе.

Крайне интересные ответы на вопросы модераторов круглого стола дал С. Н. Жаров (г. Воронеж).

— *Существуют ли квантовые объекты (векторы состояния) между измерениями (пси-онтическая точка зрения)? Или волновая функция описывает только наше знание (пси-эпистемологическая точка зрения)?*

Здесь мы имеем дело с не до конца отрефлектированной эпистемологической ситуацией, а потому требуется осторожность в категориальных формулировках. На границе познанного и непознанного привычная терминология способна стать источником своего рода трансцендентальных иллюзий, порожденных распространением принятой парадигмы за пределы ее применимости. Докладчик имеет в виду две характерные эпистемологические процедуры:

1) различение интерпретаций волновой функции по критерию «описывает реальный объект» или «описывает лишь наше знание»;

2) отождествление бытия с объектами и, соответственно, онтологии — с описанием мира объектов.

Первый подход был популярен в 60–70-х гг. XX века; в отечественной философии науки он представлен работами А. Е. Ковальчука и Ю. М. Ломсадзе. Этот подход уходит от проблемы за счет терминологии: если квантовая механика имеет дело с информацией об объекте, то, как кажется, снимаются парадоксы, связанные с истолкованием теоретических схем в терминах реальности. Но на самом деле проблема никуда не исчезает. Ведь информация, эволюцию которой описывают уравнения квантовой механики, есть отражение некоей реальности (иначе она не предсказывала бы

экспериментальные результаты). Но суть не только в этом. Дело в том, что общем случае мы принципиально не можем отделить в квантово-теоретическом описании то, что относится к реальности, от того, что относится лишь к способу описания. В качестве примера С. Н. Жаров указал на две ситуации.

Ситуация первая. Проблема реальности потенциалов в квантовой механике. Потенциалы, в отличие от величины напряженности, характеризуют состояние поля принципиально неоднозначно, с точностью до калибровочных преобразований, т. е. обладают, по замечанию Е. Вигнера, информационной избыточностью. Однозначно определяется только напряженность поля, и именно ей обычно приписывается реальность. Однако эксперимент Ааронова–Бома показывает, что потенциалы способны выполнять роль действенного фактора там, где напряженность поля равна нулю. Такую ситуацию невозможно описать только в терминах напряженности, игнорируя язык потенциалов. В результате имеем нечто вроде антиномии. Тезис: потенциалы несут избыточную информацию и не могут быть однозначно спроецированы на физическую реальность. Антитезис: потенциалы неустранимы из истинного описания, предсказывающего результаты эксперимента. Это справедливо для всех калибровочных полей. Разрешение данной квазиантиномии состоит в том, что информационная избыточность (невозможность однозначно спроецировать теоретический конструкт на описываемую ситуацию) оказывается необходимой для адекватного описания этой ситуации. Невозможно отделить информационный и оперативный аспекты знания от того его содержания, в котором представлена описываемая реальность.

Ситуация вторая. В схеме описания процесса измерения неустранима подвижность места, в котором происходит редукция волновой функции. Детальный теоретический анализ этой ситуации дал фон Нейман, качественно об этом говорили и Бор, и Гейзенберг. Речь идет о том, что теоретическое описание измерения включает в себя два вида процессов, происходящих с системой «микрообъект + прибор + наблюдатель». Один из них — это непрерывная эволюция состояния (процесс 2, в терминологии фон Неймана). Другой заключается в скачкообразном переходе из чистого состояния в смешанное, где уже нет интерференционных членов (процесс 1, по фон Нейману, или, в более распространенной терминологии, редукция волновой функции). Как показал фон Нейман, можно сдвигать место процесса 1 без изменения предсказываемого статистического распределения — результат не зависит от того, что мы будем считать «наблюдателем» (окончательным регистратором событий). С общих позиций ситуация выглядит следующим образом. Регистрируемые результаты должны быть выражены на языке классической физики, а описание эволюции системы происходит на языке квантовой механики. Другими словами, речь идет о грани между классической и квантовой областью: в реальном процессе место этой грани не закреплено жестко самой природой, в то время как в теоретическом описании оно задано с абсолютной резкостью. «Квантовая механика... содержит законы классической механики как предельный случай, так что место разграничения может быть произвольно выбрано лишь внутри известных пределов», — подчеркивал Гейзенберг. Отсюда и возникает информационная избыточность теоретических схем описания измерения. Мы не можем устранить указанную избыточность, не разрушив саму схему.

Избыточная (не имеющая однозначной проекции на реальность) теоретическая информация принципиально необходима для адекватного описания процессов. Поэтому, по мнению докладчика, неэвристично различение теоретических конструктов по критерию «описывает реальный объект» или «выражает лишь наше знание».

Обратимся теперь ко второй из отмеченных выше эпистемологических привычек, а именно к отождествлению бытия со сферой объектов. Мы обычно мыслим бытие как чтойность (термин Аристотеля), т. е. как отвечающее на вопрос «что?». Эта традиция идет от Парменида. Парменидовское бытие суть предмет, обеспечивающий однозначную фокусировку теоретического взгляда, что делает возможным строгое мышление. Однако XX век привел к открытию бытия, которое непредставимо в качестве чтойности и тем не менее обладает действительностью. Таковы, например, некоторые феномены, изучаемые в рамках психоанализа. Есть страх, который определяется предметом или ситуацией, а есть страх непредметный, который не имеет ситуативной привязки и представляет собой идущий из глубины души способ переживания, предпосланный конкретному жизненному опыту и задающий его тональность. Непредметно хайдеггеровское бытие, выводящее экзистенцию в сферу непредзаданных возможностей, которые не имеют предварительной предметной тематизации. В этом плане можно рассмотреть и вопрос о существовании квантового состояния. Правда, здесь потребуются особая аккуратность в обращении с терминологией.

Ясно, что теоретическое мышление не может обойтись без предметной фокусировки, и простое наложение идей Хайдеггера на физику не привело бы к адекватным результатам. Однако стоит присмотреться к характеру предметностей, фигурирующих в квантово-механическом описании. Конструкты, соответствующие завершенным событиям, отвечают критериям парменидовского бытия, репрезентируя реальную чтойность. Таковы понятия классической физики, посредством которых выражаются результаты измерения. Язык классической физики — это язык несовместимых событийных альтернатив: предполагается, что частица проходит или через одну щель, или через другую, и третьего не дано. В квантовом описании все иначе, поскольку здесь мы, по выражению Фейнмана, рассматриваем совместимые (интерферирующие) событийные альтернативы. С позиции логики понятие «совместимые альтернативы» выглядит противоречием в определении, ибо понятие об альтернативах предполагает их несовместимость. Как могут быть совместимы несовместимые события?

Анализ этой ситуации выявляет онтологическое своеобразие квантовой механики. В ее теоретическом языке фигурируют два рода событий. Первый вид событий — незавершенные (нерегистрируемые экспериментально) события, которые связаны с эволюцией волновой функции и предполагают сложение амплитуд вероятности. Это сфера интерферирующих альтернатив. Однако такие события не могут быть рассмотрены как «только информационные», ибо они вносят физический вклад в результат измерения. Ко второму виду принадлежат завершенные события, регистрируемые при помощи прибора. В этой сфере альтернативы несовместимы. Указанные виды событий принадлежат к разным онтологическим уровням и совершаются по разным законам. Логического противоречия нет, однако некая недоговоренность все же присутствует. Незавершенные события выражены в терминах завершенных, которым приписан предикат «возможности» и даны особые правила теоретического оперирования с этими

возможностями. Иначе говоря, специфически квантовое бытие обладает собственной действительностью, но теоретически представлено в несобственных терминах.

Проще всего было бы истолковать данную ситуацию как выражение онтологической неполноценности квантовой механики. Однако возможна и другая интерпретация. В понимании С. Н. Жарова непредставленность квантовых возможностей в виде специфической предметной реальности указывает не на недостаток теории, но на специфику квантового бытия. Бытие квантовых возможностей непредметно как таковое, но оно явно обнаруживает себя через влияние на завершённые (предметные) события. Здесь мы видим аналогию с хайдеггеровским бытием, которое «...никогда не бытийствует без сущего и сущее никогда не существует без бытия». Это соображение можно рассматривать как подступ к ответу на следующий из обсуждаемых вопросов, а именно:

— *В чем достоинства двухмодусной модели существования «потенциальное-актуальное» для описания квантовых явлений?*

Исходя из сказанного, можно предположить, что «актуальное» в квантово-механическом описании соответствует бытию парменидовского типа, сводимого к внутренне завершённым чтойностям. Напротив, «потенциальное» по способу существования соответствует бытию хайдеггеровского типа, несводимого к чтойности, но реализующего себя через отношение к «чтойным», предметным (в том числе — экспериментально регистрируемым) свойствам.

Проведенный анализ подводит нас к осмыслению следующей проблемы:

— *В каком пространстве существуют векторы состояния (суперпозиция)?*

Данная проблема неявно предполагает вопрос, без которого она не может быть осмыслена на методологическом уровне. Этот вопрос состоит в следующем: что такое пространство? О каком пространстве мы должны говорить, обсуждая интерпретацию квантовой механики? Самым простым был бы такой ответ. Вектор состояния задан на конфигурационном пространстве $3N$ измерений, где N — число взаимодействующих частиц, а само состояние (в шредингеровском представлении) выступает как вектор бесконечномерного гильбертова пространства. Однако это рассуждение говорит о математических средствах описания, не обращаясь к пространству как онтологической категории. Вопрос в том, как отличить реальное физическое пространство от множества математических пространств, используемых в теории. Исходя из чего мы считаем, что пространство Минковского — физическое пространство, а гильбертово пространство таковым не является, хотя и позволяет описывать эволюцию состояния? Если выразить неартикулированное содержание, которое лежит в основе этого различия, то дело в следующем. Физическое пространство (а точнее, пространство-время) — это система отношений между завершёнными событиями, которые могут быть однозначно зафиксированы в эксперименте. Как подчеркивал Эйнштейн, «физической реальностью обладает не точка пространства и не момент времени..., а только само событие». Пространство Минковского есть физическое пространство — пространство событий, а присущая ему мера указывает на возможность (или невозможность) причинной связи между событиями.

Здесь естественным образом возникает вопрос о статусе многомерных пространств, позволяющих выразить специфику определенного взаимодействия или объединить разные взаимодействия в одном описании. После введения пространства Минковского последовала попытка Калуцы-Клейна объединить гравитационное и электромагнитное взаимодействие через введение 5-мерного пространства. Хотя в своей первоначальной форме эта идея себя не оправдала, она положила начало широким теоретическим поискам. Примером является успешное применение расслоенных пространств в физике. Но можно ли назвать расслоенное пространство, посредством которого описывается вращение спиновой стрелки, реальным пространством? Ведь это вращение происходит в сфере возможностей, а не в области завершенных (регистрируемых) событий. Покажем, что выдвинутый выше критерий, при условии некоторой модернизации, не запрещает истолкование подобных расслоенных пространств в качестве физических и реальных.

Физическая реальность в некотором смысле является конструктором. «Мы, — писал Эйнштейн, — вольны сами выбирать, из каких элементов строить физическую реальность. Обоснование нашего выбора будет заключаться исключительно в том, каких успехов удастся при этом достигнуть». Это не означает отрыв от эксперимента, ибо, согласно Эйнштейну, «только теория решает, что именно можно наблюдать». Данные соображения дают аргументы для признания за многомерными пространствами статуса реальности. Нужно только учесть следующее обстоятельство. В квантовой механике реальность (в том числе реальность возможностей) соотнесена с миром завершенных событий, маркирующих точки пространства Минковского. А значит, на роль «реального пространства» может претендовать лишь такая теоретическая конструкция, которая в качестве исходного уровня («базы») будет иметь пространство завершенных событий, т. е. пространство макроскопического опыта. Другим критерием будет теоретическая успешность такого описания. При этом возможно введение самых разнообразных пространств, инициированное интуицией «пространства вообще». Эта интуиция выступает трансцендентальной предпосылкой конкретных теоретических построений, задавая эвристику научного поиска.

Далее выступили два гостя из Белоруссии, из Института философии НАН (г. Минск), Евгений Игоревич Прись и Александр Николаевич Спасков.

В своем докладе Е. И. Прись остановился на разделении «Объективное-субъективное», которое было как в вопросах модераторов круглого стола, так и часто возникало в докладах. Докладчик отметил, что о «субъекте» можно говорить там, где есть употребление концептов, которые вырабатываются в реальности, — следовательно, и сам «субъект» вырабатывается в реальности. Измерительный прибор, измеряющий квантовую систему, — «субъект». Можно процитировать Бора насчет роли субъекта и понятия квантового эксперимента. По мнению докладчика, «субъектом» можно считать любого индивидуума, обладающего сознанием, подготовленного физика, корректно применяющего теорию на практике, измерительный прибор. Понятия «измерительный прибор» и «наблюдатель» можно рассматривать как одно и то же понятие, любые макрообъекты.

Отвечая на вопрос о существовании квантовых объектов, Е. И. Прись настаивал на существовании квантовых объектов. Привожу дословно его позицию: «Да, они реально существуют». Понятия «существование» и «реальность» можно различать. Но лучше понимать «существование» (существует) и «реальность» (реально) как синонимы. В ответе на вопрос о существовании квантовых объектов в пространстве и времени докладчик сильно расходился с позицией большинства участников круглого стола. Как он считает, в нерелятивистской квантовой механике квантовые системы существуют в пространстве и времени. Само пространство-время в квантовой гравитации — объект исследования. Отмечу, отвечая докладчику, что начиная со знаменитых опытов Аспека в 1982 году и вплоть до сего дня опыты показывают, что до измерения мы не можем говорить о существовании квантовых объектов в пространстве-времени.

На поставленные модераторами вопросы Е. И. Прись дал следующие ответы.

Вопрос 1. Существуют ли квантовые объекты (векторы состояния) между измерениями (пси-онтическая точка зрения)? Или волновая функция описывает только наше знание (пси-эпистемологическая точка зрения)?

Докладчик настаивает, что дихотомия пси-онтическая vs пси-эпистемологическая точки зрения ложна. Это дихотомия между метафизическими реализмом и антиреализмом. Волновая функция реальна в том и только том смысле, что она описывает («представляет») реальное состояние квантовой системы (отсылает к нему, а не буквально «отражает» его). Как средство описания она идеальна. (Язык, мысли, нормы, концепты — идеальны, а не реальны.) Однако ее реальность «реляционна», «относительна» или, как мы говорим, «контекстуальна». То есть она реальна по отношению к «наблюдателю», который ее приготовил (в контексте наблюдателя) в рамках квантового эксперимента, благодаря употреблению квантовой теории и квантовых и обыденных концептов. Для нас всякая устоявшаяся теория, в том числе и квантовая механика, — норма для «измерения» реальности. Ее употребление может быть понято в терминах витгенштейновской проблемы следования правилу. «Наблюдатель» и есть такое «употребление» теории, ее применение к реальности. Здесь нет никакого субъективизма, никакого вмешательства «субъективного сознания».

В общем случае квантовая реальность волновой функции диспозиционная. Волновая функция описывает диспозиционный фон, над которым можно проводить измерения конкретных значений квантовых физических величин. Всякие измерения мы рассматриваем как «невозмущающие» по определению: измерительный инструмент (теория, собственно измерительный прибор и субъект/наблюдатель, применяющий их) измеряет систему, а не возмущает ее. (Мы относим измерительный прибор к категории идеального. Проблема в том, чтобы не смешивать идеальное и реальное.)

Вот именно этот пункт выступления докладчика вызвал наибольшее несогласие. Измерительный прибор никак нельзя отнести к идеальному. Докладчик критикует смешение реального и идеального, но именно этим сам, на наш взгляд, и грешит.

Измерение — не предопределенное значение, оно контекстуально. Измерение конкретного значения физической величины есть переход в контекст (или, точнее говоря, наблюдатель обнаруживает в контексте), в котором физическая величина имеет определенное значение. Этот переход вероятностный. В результате конкретное значение

физической величины реально лишь «реляционно», то есть в контексте наблюдателя, производящего измерение.

Например, в случае ЭПР-парадокса определенная корреляция действительно имеет место, но лишь в контексте измерения. То есть корреляция как таковая, но не корреляция определенная, предопределена. Определенная корреляция не предопределена, но она определена в контексте. В разных контекстах определены разные (определенные) корреляции. Поэтому так же, как и в случае классической причинной детерминистской корреляции, в случае квантовой причинной недетерминистской корреляции нет проблемы нарушения локальности.

Квантовые концепты, таким образом, отличаются от классических концептов по способу функционирования. Они идентифицируют реальность в контексте измерения.

Квантовая механика показывает, что традиционные проблемы эпистемологии и метафизики модерна — проблема доступа к реальности, репрезентационализм, проблема вещи-в-себе и доступа к самой вещи, проблема объективной метафизической реальности (а также постмодернистские доктрины — например, конструктивизм, стирание границы между видимостью и реальностью) — ложные проблемы и доктрины.

Нужен подлинный — контекстуальный — реализм, принимающий категориальное различие между идеальным и реальным. Онтология контекстуальна. Познание есть познание реальности, самих вещей (а не вещей-для-нас, корреляций «теория-вещь» или вещей, несущих теоретическую нагрузку).

Таким образом, деконтекстуализированные пси-онтическая и пси-эпистемологическая концепции ложны и даже, строго говоря, бессмысленны.

К тому же пси-эпистемологическая концепция, если она утверждает, что волновая функция несет в себе лишь информацию (информацию о чем? о квантовой системе?), подразумевает, что информация может быть неполной. Это приводит к неверному представлению о неполноте квантовой теории. Если же речь идет «просто об информации», о «видимости явлений», без обращения к онтологии, то такая позиция кажется противоречивой и во всяком случае инструменталистской.

Таким образом, мы отвергаем как метафизическую пси-онтическую позицию, так и метафизическую пси-эпистемическую позицию. Контекстуальный реализм волновой функции синтезирует онтический и эпистемический подходы: познание (информация) есть познание реальности (квантовая информация есть информация о реальной квантовой системе).

Реальное квантовое состояние и определенные значения физических величин существуют лишь для (относительно) «наблюдателя», «взаимодействующего» во время наблюдения с наблюдаемой физической системой.

Квантовая реальность существует до измерения. Но до измерения не существуют определенные квантовые объекты. Точнее говоря, до измерения квантовая определенность очень общая: она задается правилом Борна.

Волновая функция не описывает только наше знание. Она укоренена в реальности, подобно правилу приготовления жаркого (пример Витгенштейна), а не формальным правилам игры в шахматы. И вообще, никакая физическая теория не может описывать только знание, информацию. Если она «описывает» знание, то есть выражает его, то тем самым она отсылает к реальности, описывает реальность.

Вопрос 2. В чем достоинства двухмодусной модели существования «потенциальное-актуальное» для описания квантовых явлений?

Актуальное предполагает потенциальное. То, что есть, предполагает, что оно могло бы быть другим. На самом деле прагматический подход позволяет устранить кантовский дуализм актуального и возможного.

Полезно аристотелевское понятие потенции, которое Гейзенберг применяет для понимания онтологии квантовой механики.

Квантовая реальность как диспозиционный фон как раз и есть потенциальность, которая актуализируется в результате измерения в виде конкретных значений физических величин.

«Потенциальное» относится к «теории» (теория как норма/правило может быть применена по-разному), а «актуальное» — к ее практическому применению (реальному).

Вопрос 3. Какие части формализма квантовой теории наиболее адекватно описывают существование квантовых объектов (вектор состояния, операторы поля, комплексная фаза, возможные пути в формализме интегралов по траекториям)?

В общем случае квантовые объекты — не классические визуальные объекты. Диспозиционный фон, описываемый волновой функцией, — квантовый объект. Он реален. Физическая величина, имеющая в результате измерения определенное значение, — квантовый объект. Она реальна. Квантовая физическая величина как таковая (безотносительно к ее определенному значению, измеряемому во время эксперимента) описывается соответствующим квантовым оператором. Она реальна. Например, относительно свободной квантовой частицы, имеющей определенное значение импульса и неопределенное положение в пространстве, нельзя сказать, что она вне пространства. Оператор положения в пространстве описывает ее положение в пространстве, которое диспозиционно (частица может оказаться в любой точке пространства). В этом смысле оператор физической величины реален. (Электрон имеет положение и импульс. Но эти положение и импульс — физически интерпретированные некоммутативные операторы, действующие в гильбертовом пространстве волновых функций электрона, описывающих его состояние.)

В квантовой теории поля операторы поля имеют свою собственную реальность в том смысле, что они позволяют идентифицировать, описать те или иные квантовополевые явления.

Объективно (объектно) реально то, что при помощи данных правил, теории мы способны идентифицировать как реальное (а не видимое). То есть реальна любая корректная идентификация объекта в широком смысле (как того, что имеет идентичность) в рамках явления.

Вопрос 4. Возникает ли классический мир из квантового мира, и если да — то как?

Классический и квантовый миры — два разных мира, хотя между ними есть соответствия и переходы, а также пограничные (полуклассические) области.

Подобно тому, как квантовый мир не редуцируется к классическому (ни формально-теоретически, ни концептуально, ни онтологически), последний не редуцируется к квантовому (не выводится из квантового). Квантовый мир — расширение (в этом смысле обобщение) классического мира. Квантовые концепты предполагают классические. Например, при измерении мы употребляем классические концепты наряду с квантовыми. Это позволяет говорить о соответствии, частичной редукции в пограничных областях. Но даже в пограничных областях есть полуклассическая квантовая механика, которая может рассматриваться не как приближенная теория, а как точная теория, имеющая свою онтологию и область применимости.

Декогерентность не позволяет полностью теоретически объяснить переход к классическому миру. Она не решает проблему измерения. В то же время вопрос возникновения классического мира из «более фундаментального» квантового мира можно, как кажется, рассматривать в контексте (а не в абсолютном смысле): например, декогерентность, дополненная прагматикой, по аналогии с прагматическим устранением проблемы измерения.

Вопрос 5. В каком пространстве существуют векторы состояния (суперпозиция)?

Абстрактный вектор состояния идеален. Это вектор в математическом (или физически интерпретированном) пространстве Гильберта, пусть и с абстрактной физической интерпретацией (то есть вектор физической величины как понятие, а не как сама физическая величина).

Векторы состояния как представляющие реальную квантовую систему в рамках конкретной перспективы, то есть в контексте приготовления, измерения (см. выше), могут рассматриваться как относящиеся к евклидову 3-мерному пространству (в случае нерелятивистской квантовой механики) и эволюционирующие в нашем классическом времени. Равносильно сказать, что квантовая система находится в 3-мерном пространстве и эволюционирует во времени (см. вопрос 6).

Вопрос 6. В каком времени существуют векторы состояния (суперпозиция)?

См. ответ на вопрос 5. Время в нерелятивистской квантовой механике входит в уравнение Шредингера в качестве абстрактного параметра. Это не время измерения физической величины. Уравнение квантовой механики можно представить в виде, не содержащем время. Тем не менее время реально. Мы производим измерение в реальный момент времени. Волновая функция реальна по отношению к наблюдателю, производящему измерение. И она эволюционирует по отношению к нему, в его «системе отсчета» в соответствии с уравнением Шредингера в реальном времени. Таким образом, это время наблюдателя, который приготовил волновую функцию (который знает, с какой волновой функцией (с какой квантовой системой) он имеет дело).

В отличие от классической механики, квантовая механика не описывает (пространственно-временные) события (хотя она описывает временные события: волновая функция эволюционирует). Они просто-напросто не имеют в ней смысла. В частности, нет смысла говорить об определенных квантовых траекториях. Пространственно-временное квантовое событие возникает лишь в момент измерения положения квантовой частицы.

Далее выступил Александр Николаевич Спасков (Минск, Институт философии НАН) со следующим докладом: «Проблема существования квантовых объектов в субстанциально-информационной онтологии».

Докладчик считает, что понятие квантового объекта, который существует сам по себе, как некоторая независимая от чего-либо реальность, не имеет смысла. Во-первых, абсолютная независимость — это свойство субстанции, понимаемой как безначальная причина самой себя и всех своих проявлений в феноменальном мире. В этом смысле объекты являются феноменами, причина которых от нас скрыта. То есть сама по себе субстанциальная причина не может быть объективной реальностью и недоступна никакому наблюдению и измерению. Поэтому можно сказать, что квантовый объект существует прежде всего потому, что должна существовать порождающая и поддерживающая его существование причина. Эту причину мы и называем субстанцией, но о ее существовании, которое не может быть объективно наблюдаемым, мы можем судить лишь на основании проявляемых объектов. Такой субстанциальный принцип существования объектов в себе можно назвать собственным основанием существования, которое имеет потенциальную природу и проявляется актуально, а значит, и объективно лишь при взаимодействии с другими объектами.

Во-вторых, понятие объекта неявно предполагает и необходимое существование субъекта. Это признают и материалисты, если вспомнить ленинское определение материи как «философской категории для обозначения объективной реальности, данной нам в ощущениях...». В этом определении материю как раз и наделяют субстанциальным статусом существования. Можно сказать, таким образом, что любой объект имеет в своем существовании два основания — внутреннее (в-себе-бытие) в собственном существовании и внешнее (для-другого-бытие) в процессе взаимодействия с другими объектами. Собственное существование субъективно, т. к. в этом случае субъект и объект нераздельно связаны, и их единство представляет собой кантовскую «вещь-в-себе». Кроме того, оно имеет потенциальную природу, т. к. в своей основе имеет субстанциальную порождающую причину, существующую всегда потенциально и независимо от актуализации объекта в настоящем времени. А объективное существование по своей природе актуально и возникает как системное качество в результате целостного акта взаимодействия двух объектов, которые одновременно являются и субъектами, активно участвующими в этом процессе.

Особенностью развиваемого подхода является генезис онтологии сознания и квантовой онтологии на едином основании. Метафизическим ядром этой онтологии является логически замкнутая система трех фундаментальных понятий, которую можно также назвать категориальным базисом субстанциально-информационной онтологии:

— субстанция — вечная и активно действующая причина движения и становления, генератор информации и изменчивости, реализуемых в феноменальном мире;

— хрональный континуум — потенциальная протяженность, имеющая структуру расслоенного времени, которая может быть в двух квантовых состояниях, соответствующих фундаментальному двоичному информационному коду;

— информация — мера разнообразия, которое генерируется субстанцией, динамически проявляется в феноменальном мире в виде активного действия и отображается в хрональном континууме как статическое состояние (запись) структурно

упорядоченной системы квантовых состояний, выраженное на языке двоичного информационного кода.

В отличие от известных информационных подходов, А. Н. Спасков вводит понятие источника информации, который имеет субстанциальную природу, и понятие фундаментального носителя информации — хрональный расслоенный континуум.

Носителем квантовой информации, выраженной в кубитах, являются квантовые частицы, а в качестве двух собственных состояний используются наблюдаемые собственные значения, например, спина $s = \pm \frac{1}{2}$. В этом случае информация все же не является первичной, как в программе Уилера, так как то, что мы называем единицей информации (бит или кубит), является определенным состоянием квантового объекта, которое выражается собственным значением при физическом измерении (квантовом наблюдении). Таким образом, понятие единицы квантовой информации приписывается нами условно тому или иному квантовому состоянию на том основании, что все эти состояния тождественны, а значит, и имеют одни и те же собственные единичные значения физических величин, которым мы, помимо физического значения, придаем значение единицы информации $|0\rangle$ и $|1\rangle$.

Отсюда видно, что понятие информации не является объективным и независимым от сознания физическим свойством, т. к. для описания квантового объекта нам достаточно понятия квантового состояния. Но именно потому, что это не просто квантовое состояние изолированного объекта, а состояние, которое проявляется при квантовом наблюдении, мы и можем как наблюдающий субъект придавать этому состоянию статус значимой для нас единицы информации. Таким образом, информация возникает в сознании субъекта при наблюдении (распознавании) объекта.

С другой стороны, согласно Шеннону, одна и та же информация может быть записана на любом физическом носителе. Это говорит об универсальном статусе информации, которая не зависит от конкретного физического носителя. Но в таком случае возникает вопрос об универсальном носителе информации, который, по всей видимости, имеет нефизическую природу. Таким универсальным носителем и онтологическим основанием любой информации и является, согласно развиваемой концепции, сознание. Таким образом, сознание как универсальное свойство Вселенной, присущее всем без исключения физическим объектам, являющимся также и психическими субъектами в соответствии с принципом психофизического единства.

В результате А. Н. Спасков дает такую картину реальности. Весь объективный физический мир или вся Вселенная, воздействующая на наши органы чувств, представляет собой объективную реальность, существующую независимо от нашего сознания. Но онтологическим основанием и субстанциальной причиной существования феноменального мира является интеллектуальная деятельность активных квантовых субъектов. Под интеллектуальной деятельностью понимается способность генерировать, передавать, воспринимать и перерабатывать информацию, и считаем, что такой способностью обладают в разной степени все без исключения элементы Вселенной.

Другими словами, онтологическим основанием материальных физических феноменов является информация, источником которой, в свою очередь, являются трансцендентные квантовые субъекты. Эти субъекты имеют субстанциальную природу и обладают способностью к интеллектуальной деятельности. В результате такой

деятельности субъект, во-первых, постоянно воспроизводит сам себя по определенной информационной программе. Это значит, что такие субстанциальные субъекты самодостаточны и неуничтожимы, т. к. неуничтожима первичная информация или информационная программа, воспроизводящая их. И во-вторых, субъекты могут вступать в информационную взаимосвязь и обмениваться друг с другом значимой для обеих информацией в виде первичных мыслеобразов.

Основываясь на этом онтологическом базисе, дается соответствующая интерпретация квантово-механического формализма и ответы на выносимые для обсуждения вопросы.

1. Квантовые объекты, которые описываются векторами состояния или волновой функцией, существуют между измерениями потенциально в суперпозиции всех возможных собственных состояний. Эти собственные состояния субъективны и характеризуют внутренние ментальные состояния квантового субъекта. И лишь одно из ментальных состояний проявляется актуально в настоящем времени в результате свободного субстанциального выбора квантового субъекта, подобно тому, как в нашем подсознании существует множество возможных ментальных состояний, которые в результате сознательного выбора и присущей нам свободы воли проявляются в каком-либо определенном действии физического тела.

Действие субстанции проявляется как квантовое наблюдение, в котором из единого неопределенного состояния возникает, в результате спонтанного нарушения симметрии и раздвоения единого, квантовый субъект-объект. При этом субъективная и объективная реальность описывается комплексно сопряженными волновыми функциями или кет- и бра-векторами в обозначениях Дирака.

Можно предположить, что хрональный континуум или, другими словами, временная протяженность является атрибутом психики, аналогично тому, как пространственная протяженность — это, согласно Декарту, фундаментальный атрибут физических тел. В этом случае происходит выход за пределы декартовского психофизического параллелизма на новый онтологический уровень психофизического единства. Отсюда открывается, по Спаскову, и с чем радикально не согласен автор обзора, возможность математического моделирования сознания.

Таким образом, между измерениями квантовые объекты существуют только потенциально как квантовые субъекты в суперпозиции своих собственных состояний. В этом смысле докладчик придерживается пси-онтической точки зрения, считая, что волновая функция описывает онтологию сознания квантовых субъектов. Но так как наше субъективное сознание содержит знание об объективном мире, то описание этого знания также содержится в виде определенного информационного кода в волновой функции, что соответствует пси-эпистемологической точке зрения. Таким образом, две эти точки зрения совместимы и дополняют друг друга в психофизическом единстве.

2. Двухмодусная модель существования наиболее полно соответствует квантово-механическому формализму и субстанциально-информационной онтологии. Квантовые явления, согласно этой модели, возникают актуально в виде активного действия потенциальной причины существования квантовых субъектов. Эта потенциальная причина или субстанция генерирует все многообразие квантовых явлений, что эквивалентно их потенциальному существованию в субстанции.

3. Вектор состояния наиболее адекватно описывает потенциальное существование квантовых объектов как суперпозицию всех возможных собственных состояний. Квантово-механические операторы описывают процесс актуального проявления собственных состояний квантовых объектов. В этом формализме все возможные проявления потенциально существуют и актуально осуществляются с определенной степенью вероятности. Операторы рождения и уничтожения, используемые в формализме вторичного квантования наиболее адекватно, с нашей точки зрения, соответствуют действию субстанции, которая генерирует существование виртуальных квантовых объектов. Этот же формализм можно использовать и для описания существования реальных квантовых объектов как их субстанциального воспроизводства по определенной информационной программе, в соответствии с регенеративной моделью существования квантовых объектов.

Комплексная фаза соответствует существованию внутренних состояний квантовых объектов. Согласно разрабатываемой А. Н. Спаськовым транзитивно-фазовой концепции времени, все фазы волновой функции сосуществуют одновременно в линейном макроскопическом времени, которое Доббс, впервые предложивший эту концепцию, назвал транзитивным временем. Одновременное существование всех фаз интерпретируется в этой концепции как независимое существование дополнительного временного измерения, которое Доббс назвал фазовым временем. Эта концепция наиболее адекватно описывается в терминах расслоенного времени, в этой модели каждый момент одномерного линейного времени является базой расслоенного времени, в котором и существуют в суперпозиции все возможные фазовые состояния квантовых объектов.

Формализм интегралов по траекториям хорошо соответствует, с точки зрения докладчика, нелинейной структуре расслоенного квантового времени. Эта нелинейность, проявляемая в суперпозиции возможных путей, соответствует, с нашей точки зрения, ветвлению временных траекторий в расслоенном квантовом времени, что эквивалентно одновременному в линейном транзитивном времени прохождению всех возможных пространственных траекторий.

4. Классический мир, согласно нашей концепции, представлен в нашем сознании в виде субъективной модели, которую формирует в результате распознавания объективной информации наш мозг. Как предполагает докладчик, мозг представляет собой органический компьютер, сложенный из разветвленной сети нейронов. Он служит посредником для обработки информации и передачи данных в сознание, а также обратной передачи волевых команд в физическое тело. В этом смысле мозг является чрезвычайно совершенным макроскопическим компьютером, который следует отнести к классическому миру. Но само сознание возникает на более глубоком квантовом уровне, а наша субъективная реальность и осознание собственной индивидуальности сосредоточены в квантовой монаде. Можно предположить в соответствии с этим, что наш ум функционирует как квантовый компьютер, относительно независимый от физических воздействий, но связанный информационными каналами с мозгом и телом. А на роль таких каналов в наибольшей степени подходит нелокальная квантовая связь.

Таким образом, классический мир возникает в нашем сознании, которое имеет квантовую природу, как субъективная реальность в результате восприятия и распознавания квантовой информации. Эта информация поступает в виде

определенного кода от других квантовых субъектов, которые в своей совокупности опосредующих взаимодействий и дают нам интегральную картину классического мира.

5. Согласно аксиоматике квантовой механики, векторы состояния существуют в гильбертовом пространстве, которое имеет абстрактную математическую природу. Таким образом, можно сказать, что вектор состояния обладает статусом математического существования и реально может быть представлен лишь теоретически в уме, но не эмпирически в чувствах. Но если посмотреть на проблему глубже, то сами эмпирические данные также основаны на ментальных моделях, которые даны нам от рождения как некоторые априорные формы, существующие в подсознании и сформированные в процессе предыдущих этапов эволюции. В этом смысле можно сказать, что пространство как таковое не существует объективно вне нашего сознания, а то, что мы воспринимаем как объективную реальность в форме 3-мерного макроскопического пространства, является не более чем адекватной моделью для удобного представления объективных данных, позволяющей нам ориентироваться и выживать в классическом мире. И если бы мы в физическом теле существовали на квантовом уровне, то, возможно, и модели пространства, используемые нами, были бы другими.

Таким образом, если рассматривать квантовые объекты еще и как квантовые субъекты, обладающие элементарным протосознанием, то и модели пространства, которые существуют для них субъективно как априорные формы представления объективных данных, могут радикально отличаться от наших классических представлений. Поэтому, видимо, у нас нет серьезных оснований для отказа в реальности существования различных математических моделей пространства, субъективная реализация которых может осуществляться на различных уровнях организации объективного мира.

Возможно, что внутренние состояния квантовых субъектов наиболее адекватно описываются в гильбертовом пространстве, а внешние проявления и физические взаимодействия квантовых объектов — в 11-мерном расслоенном пространстве суперструнных теорий.

6. Докладчик считает, что наиболее адекватным представлением квантового времени является модель расслоенного нелинейного времени. Эта модель хорошо соответствует транзакционной концепции времени, согласно которой и прошлое, и будущее потенциально существуют и актуально проявляются в настоящем времени. В этом случае можно расширить понятие вектора состояния и распространить понятие суперпозиции на время, полагая, что все временные состояния квантовых объектов сохраняются в суперпозиции во временных слоях. Таким образом, можно объяснить природу памяти и сознания свободным оперированием информацией, существующей в состоянии квантовой суперпозиции во временных слоях.

Далее с докладом и с ответами на вопросы выступил автор обзора и модератор круглого стола А. Ю. Севальников (Институт философии РАН). Доклад назывался «Основные понятия квантовой механики: поворот к метафизике?».

Новые открытия в КМ («квантовый ренессанс») заставляют нас радикально пересматривать наши представления. Они касаются как самой физики дела, так и философии. На мой взгляд, первичным является именно философия. Почему? Пока не

произойдет «переключения гештальта», вряд ли стоит рассчитывать на понимание сути квантово-механических явлений. Как пример приведу работы А. Цайлингера. Прекрасно понимая, что происходит в квантовой механике, и осознавая необходимость трактовки и объяснения наблюдаемых явлений, он отмечает, что мы (физики) «блуждаем в концептуальном тупике»!

Если касаться именно философии, то прежде всего нужно переосмысливать понятия существования и реальности, а также тесно связанное с ними понятие времени. На данный момент у автора сложилась целостная концепция, в рамках которой можно непротиворечиво трактовать явления, описываемые квантовой теорией. Речь идет о новой философской парадигме, которая, как ни парадоксально, является возвратом к почтенным древним метафизическим системам. Стоит упомянуть четыре имени: Платон, Аристотель, Лейбниц и Гегель.

1. *Потенциальное — актуальное.* Итак, ключевым для нас является понятие существования. Здесь вовсе не достаточно сказать, что объект существует или не существует. Как известно, в настоящее время эмпирически доказано, что объекты до наблюдения определенным образом не существуют. Эксперименты по проверке неравенств Белла, Леггета, ряд других экспериментов показывают, что квантовые объекты не существуют до наблюдения. Что означает утверждение «не существуют»? Они не существуют вообще или каким-то иным образом? По моему твердому убеждению, реализуется второй случай. Квантовые объекты существуют и до процедуры измерения (наблюдения), и после. Но до наблюдения эти объекты существуют принципиально иначе, чем после акта регистрации. Комплекснозначность волновой функции, а также прочие соображения, основанные на осмыслении ЭПР-парадокса, эксперимента с отложенным выбором Уилера (урок КМ), результатов по проверке неравенств Белла, Леггета, а также целого ряда иных экспериментов и идей, связанных с фундаментальными понятиями КМ, — все это указывает на то, что до наблюдения мы должны говорить об ином модусе бытия, не связанном с понятием пространства-времени. С точки зрения физики, это область «предгеометрии», а с точки зрения философии, это «инобытие». Совершенно точным и четким понятием является здесь понятие «потенциальное», которое определяется в паре со своим противоположным понятием «актуальное». Понятие потенциального может осмысливаться по-разному. Наиболее адекватным здесь является понятие «инобытия» (не только с точки зрения философии, но и физики!). Актуальное в данном случае выступает не как результат эманации, эволюции или «проекции», а в качестве акта самоотрицания. Актуальное порождается как акт самоотрицания возможного, и становление актуального выглядит поэтому как «случайное», как появляющееся «само по себе». Однако здесь возникают некоторые трудности, которых я коснусь чуть ниже. Существование и потенциального, и актуального носит объективный характер. С этим связан следующий пункт моих тезисов.

2. *Пси-онтический и пси-эпистемологический подход.* С моей точки зрения, волновая функция тесно связана с потенциальным модусом бытия, объективно существующим, хотя он и находится за гранью явленного («инобытие», «предгеометрия»). Поэтому и существование волновой функции также носит объективный характер. На данный момент это утверждение имеет свое экспериментальное подтверждение.

3. Формализм квантовой теории. В настоящее время существуют три общепризнанных математических формализма квантовой теории. Если следовать исторической последовательности их появления — это матричный формализм Гейзенберга, формализм Шредингера, связанный с понятием волновой функции, и метод континуального интегрирования Фейнмана. По моему мнению, только два первых метода связаны с реальностью. И волновая функция, и операторы имеют референты в бытии, в отличие от понятия пути, если мы рассматриваем КМ, а не классическую физику. Уже понятие пространства-времени является вторичным, его что-то конституирует, а именно: взаимодействие первичных объектов, связанных с модусом бытия потенциального. Еще в большей степени это касается понятия траектории (пути). Уже в самой первой работе, в которой и появился матричный формализм, Гейзенберг прямо утверждает, что мы не можем ввести понятия траектории и периода (времени) движения атомного объекта. Более того, существует и более сильное утверждение. Траектория (путь движения) состоит из точек (координат). Если следовать принципу неопределенности Гейзенберга, то из него следует, что мы не можем ввести не только понятие пути, но и самой точки, в которой находится квантовый объект в определенный момент времени.

4. Возникает ли классический мир из квантового мира, и если да — то как? Да, классический мир возникает из квантового, о чем уже в принципе говорилось выше. В этом пункте я нахожусь в оппозиции к точке зрения многих физиков, наиболее ясно выраженной Фейнманом. Он утверждал: «Существует один мир, и он квантовый!» Это неверно. Копенгагенская трактовка КМ здесь ближе к действительности. Ответ же на вопрос «как» наиболее интересен и сложен! Существует определенный разрыв, скачок между двумя модусами бытия. Еще раз повторяю, что потенциальное (возможное) выступает как «инобытие» по отношению к актуальному. Эти, по выражению Э. Шредингера, «проклятые скачки» мы наиболее отчетливо видим в проблеме масштабирования квантовых компьютеров. После некоторого максимального количества кубитов квантовая система произвольно и скачком «сваливается» в классическую систему. Здесь встает вопрос о коллапсе волновой функции. Когда выше я упоминал о сложности обсуждаемого вопроса, то подразумевал именно этот аспект! Коллапс подразумевает «скачок», «разрыв» как для отношения этих двух модусов реальности, так и в описании самого перехода. Он может быть «спонтанным», как часто и наблюдается, но не без причины.

5. Проблема наблюдателя в КМ. Ответ уже был озвучен выше. «Наблюдатель» в КМ абсолютно ни при чем! Здесь есть один вопрос, который и был поставлен организаторами круглого стола. Почему влияет одна возможность наблюдения? Причем в принципе, когда никакое «наблюдение» не производится. Этот вопрос ставился Фейнманом, и он считал, что ответ на него человечеству «не по зубам» [22, с. 218]! Это ошибка. На этот вопрос мы легко отвечаем, если вводим по крайней мере понятие двухмодусной реальности, т. е. потенциальное и актуальное. Когда есть возможность наблюдать, уже осуществляется актуальное. И об этом актуальном мы можем получить в принципе информацию. Хотя можем ее и не получать! Квантовые процессы будут разворачиваться сами по себе — и без нашего участия или какой-либо информации об этих процессах.

6. Проблема причинности. Причинность (в классическом ее понимании) не работает на квантовом уровне, однако обязательно работает в классике и при переходе от квантового случая к классическому. Об этом тоже говорилось выше. Мы имеем акт «самоотрицания», который выглядит «случайным» образом, но таковым не является. Если бы не было причинности, а только голая «случайность», тогда бы не было ни законов, ни наблюдаемых четких закономерностей.

7. Проблема нелокальности. Частица не находится в двух местах одновременно! Она возникает там при акте наблюдения (регистрации!). Это происходит «мгновенно», что не противоречит СТО. СТО и КМ описывают разные модусы реальности, поэтому ни о какой несовместимости между ними не может быть речи. Единая теория требует здесь принципиально иного подхода, что реализовано, например, в бинарной геометрофизике Ю. С. Владимирова [23, 24].

Последним выступил В. Э. Терихович (Санкт-Петербург, СПбГУ). Он дал следующие ответы на поставленные вопросы.

— *Существуют ли квантовые объекты (векторы состояния) между измерениями (пси-оптическая точка зрения)? Или волновая функция описывает только наше знание (пси-эпистемологическая точка зрения)?*

Между измерениями квантовые объекты находятся в потенциальном модусе бытия в виде совокупности множества возможных состояний, несовместимых в актуальном модусе. Соответственно, происходит сразу множество несовместимых возможных событий (историй). Каждое из них обладает определенными предрасположенностями к актуальному существованию. Амплитуду вероятности и ее комплексную фазу можно рассматривать как формальную численную меру таких предрасположенностей.

После измерения или декогеренции (запутывания с окружающей средой), в т. ч. в результате наблюдения, эти возможные состояния или события-истории переходят в актуальный модус существования. Наблюдатель, обладающий сознанием, не играет здесь особой роли. Хотя он, безусловно, вносит свой специфический вклад в создание различных формализмов для вычислений и интерпретаций для объяснения.

Вопрос о том, какой из двух модусов фундаментальный, а какой вторичный, требует отдельного изучения. С одной стороны, актуальные состояния и события всегда основаны на множестве потенциальных состояний и событий, с другой стороны, каждое новое актуальное состояние и событие может порождать множество новых состояний и событий, но уже в потенциальном модусе. Можно сказать, что каждому модусу соответствует своя сфера реальности, они существуют как бы «параллельно», непрерывно переходя друг в друга.

— *В чем достоинства двухмодусной модели существования «потенциальное-актуальное» для описания квантовых явлений?*

С одной стороны, язык модели двухмодусного существования имеет давнюю философскую традицию и хорошо разработан в рамках модальной онтологии и модальной логики. С другой стороны, пара понятий «потенциальное-актуальное» широко используется в физике. Достаточно упомянуть вариационные принципы в различных разделах физики и ряд интерпретаций квантовой механики. Придание легитимности физическому существованию в потенциальном модусе снимает онтологическую

неопределенность вокруг квантовых парадоксов, возникших из-за попыток примирить свойства квантовых систем со свойствами классических явлений. Если на макроскопическом уровне с определенной степенью приближения можно обойтись описанием в терминах актуального существования, то на квантовом уровне уже трудно игнорировать процесс перехода из потенциального модуса в актуальный. Тогда смысл комплексной фазы амплитуды вероятности можно было бы объяснить через ее отношение к потенциальному модусу существования.

— *Какие части формализма квантовой теории наиболее адекватно описывают существование квантовых объектов (вектор состояния, операторы поля, комплексная фаза, возможные пути в формализме интегралов по траекториям)?*

Амплитуду вероятности и ее комплексную фазу можно рассматривать как численную меру предрасположенности каждого возможного состояния или события-истории перейти в актуальность. Эта мера не имеет самостоятельного онтологического статуса, которым обладает только предрасположенность. Смысл математической операции возведения в квадрат модуля амплитуды вероятности можно было бы связать с переходом из потенциального модуса в актуальный.

Как известно, в каком-то смысле классический принцип наименьшего действия можно рассматривать как предел формализма интеграла по историям Фейнмана. Хотя, скорее всего, это предел только в математическом смысле, поскольку оба формализма принадлежат к теориям, которые вряд ли имеют независимую метафизическую сущность. Думаю, что и классическое действие, и квантовое действие в фазе амплитуды вероятности являются разными физическими мерами некой метафизической сущности, которая состоит из стремления каждого возможного состояния или события к реализации в актуальном модусе. Отличие состоит в том, что первое относится к классическому фазовому или конфигурационному пространству, а второе — к гильбертовому пространству.

— *Возникает ли классический мир из квантового мира, и если да — то как?*

Принятие двухмодусной модели бытия еще не объясняет, каким образом факт наблюдения или декогеренция способствует переходу квантовых состояний в актуальность. Отдельного исследования требует механизм перехода от множества альтернативных потенциальных состояний или событий к уникальным состояниям и событиям в актуальном модусе. Дж. Уилер считал, что никакое объяснение не может считаться удовлетворительным, если оно не способно объяснить, как Вселенная возникла из ничего; не из физического вакуума с его флуктуациями и виртуальными частицами, но именно из ничего. Когда не было ни законов, ни частиц, ничего («Курс квантовых измерений 1977–79 гг.»). Возможно, потенциальный модус существования — это и есть та область, где из ничего рождается нечто (актуальное).

Не случайно понятия «потенциальное» и «актуальное» используются сторонниками как квантового антиреализма, так и квантового реализма. В одних интерпретациях благодаря наблюдению актуальной становится только одна возможность, оставшиеся или исчезают, или остаются в потенциальном модусе. Например, В. Гейзенберг и В. А. Фок придерживались модели Аристотеля (одна из многих возможностей переходит в актуальность). В других интерпретациях считается, что каждое возможное состояние реализуется как актуальное, а наше сознание выбирает эти

состояния в одной из возможных ветвей Вселенной. В третьих интерпретациях предполагается, что реализуется вся совокупность возможных состояний системы наблюдатель–прибор–объект, а мы лишь наблюдаем совокупный результат их совместной актуализации. Например, Э. Шредингер, Р. Фейнман, М. Гелл-Манн, Дж. Хартл и другие высказывали идеи, в чем-то близкие идеям Лейбница, согласно которому только вся совокупность конкурирующих возможностей суммируется и тем самым образует актуальные вещи. Причем актуализироваться могут только возможности, объединяющие наибольшее число совместимых возможностей, а значит, имеющие максимальное количество сущности.

Последней версии и придерживается докладчик. Актуальное состояние или актуальное событие-история отличаются тем, что объединяют в себе максимальное количество возможных состояний или событий-историй. В физических моделях это проявляется в правиле суммирования возможных перемещений или траекторий в вариационных принципах, а также в суммировании возможных квантовых историй в формализме Фейнмана.

Прояснить ситуацию мог бы анализ соотношения двух понятий: знание наблюдателя или информация, полученная наблюдателем, и информация внутри системы. Какова между ними разница? Есть ли у информации и знания носитель и кто или что их воспринимает? И наконец, каким образом информация и знание превращаются в объекты? К сожалению, в интерпретациях квантовой механики часто возникает путаница из-за различного понимания термина «информация». Сторонники квантового антиреализма под «информацией» понимают или знание наблюдателя, уменьшающее неопределенность, или степень уверенности конкретного человека (пси-эпистемологический подход). Сторонники квантового реализма рассматривают информацию как самостоятельную сущность, не обязательно связанную с человеком (пси-онтический подход).

В качестве примера нечеткого использования понятий «знание» и «информация» приведу мнения двух признанных специалистов. Войцех Цурек описывает, как из теории декогеренции следуют онтологические свойства векторов состояний, а объективное существование отобранных состояний приобретает через эпистемологическую «передачу информации». Однако решающую роль в определении того, какие состояния квантовых систем могут обнаруживаться наблюдателями, играет степень коррелированности или распространенности информации. Информация усиливается за счет ее распространенности или избыточности. Антон Цайлингер, с одной стороны, считает, что не может быть обосновано понятие реальности без возможности высказываться о ней утверждения для получения информации о ее свойствах. Одновременно он возражает против субъективистской интерпретации роли наблюдателя: «Ясно, что сознание ни в коей мере не влияет на частицу».

Теперь вспомним принцип неопределенности в формулировке Р. Фейнмана, в котором интерференцию разрушает сама возможность устроить прибор, определяющий, какое из двух взаимно исключаящих событий осуществилось [13, с. 203–204]. Иначе говоря, правило определения вероятности обнаружения частицы зависит не от нашего знания, а от того, есть ли принципиальная возможность узнать, по какому из взаимоисключающих путей она пролетела [13, с. 217]. Что здесь означает выражение «принципиальная возможность узнать»? Для человека это некая потенциальная

информация, о которой он может ничего не знать. Но в системе эта информация уже существует, иначе почему тогда разрушилась интерференция? Чтобы разрешить трудность, достаточно разделить понятия собственно информации и информации, которую получил человек (т. е. знания).

Теперь можно вернуться к двухмодусной модели. С каждым актуальным событием в окружающей среде распространяется новая информация. Тогда предрасположенность каждого возможного состояния или события можно выразить через количество информации, которая может быть распространена в окружение в результате его актуализации. Чем больше информации можно распространить, тем больше предрасположенность. Предрасположенность конкретной возможности всегда будет относительна к состоянию окружения, в т. ч. к способу наблюдения. Тогда роль наблюдателя сводится к тому, что, приготавливая и измеряя состояние (подбирая операторы), мы влияем на эти предрасположенности. Мы как бы заранее готовим новый вопрос и тем самым влияем на возможные ответы.

— *В каком пространстве существуют векторы состояния (суперпозиция)?*

Постулат о субстанциональности гладкого 4-мерного пространства-времени как внешнего заданного фона лежит в основе современной теоретико-полевой парадигмы. Однако можно ожидать, что в новой физической теории, обобщающей КТП и ОТО, само пространство-время (возможно, разные пространства и времена) и его свойства будут возникать как следствие каких-то более фундаментальных процессов, например, эволюции сетей связей (графов) или отношений неких первичных элементов.

Благодаря введению двухмодусной модели бытия («потенциального-актуального») концептуально облегчается путь для различных теорий макроскопического пространства-времени. Можно представить, как пространство-время, оставаясь метрическим фоном для объектов и событий исключительно в актуальном модусе существования, само возникает в результате суммирования множества возможных событий (отношений, взаимодействий), происходящих в модусе потенциальном. При этом возникающее актуальное пространство-время вовсе не становится какой-либо субстанцией. Скорее оно становится способом существования и взаимодействия актуальных объектов, основное отличие которых от потенциальных состоит в их уникальности и несовместимости друг с другом. Пространство-время как раз и отражает эту уникальность и несовместимость. Аналогично и для потенциальных событий можно вводить различные пространства и времена, скорее всего комплексные, с различной размерностью и топологией. Но и они вовсе не должны быть субстанциями.

— *В каком времени существуют векторы состояния (суперпозиция)?*

Сначала надо определиться, о каком аспекте времени идет речь — о метрическом или об аспекте, связанном с возникновением и изменением систем (время развития). Метрическое время используется для синхронизации событий, определения их порядка и измерения интервалов между ними. Как внешний и относительный аспект времени оно обычно привязывается к доступным эталонам периодических процессов. Метрическое время используется при описании 4-мерного пространства-времени в СТО и ОТО, а также в дифференциальных уравнениях классической и квантовой физики. Время развития, напротив, используется как мера изменчивости сложных систем (квантовых,

классических, биологических и других), независимо от их относительного движения в пространстве. Соответственно, время развития — это внутренний и абсолютный аспект времени. Оно может привязываться к изменению сложности, неопределенности, вероятности, устойчивости, информации, знанию и т. д.

Язык времени развития может быть использован там, где метрическое время или отсутствует, или используется вынужденно и без всякого физического содержания: для безмассовых частиц, для уравнений Вселенной как целого, для запутанных квантовых частиц, для перехода квантовой суперпозиции в смешанное состояние, а затем к наблюдаемому, для фазовых переходов, для бифуркаций в сложных системах и т. д.

С учетом использования двухмодусной модели существования, возможно, придется ввести еще один аспект времени. Таким образом, для разных целей мы можем использовать три времени. 1) Метрическое время как мера актуального взаимного положения и взаимного движения в 3-мерном пространстве. 2) Время возникновения и изменения актуальных состояний как мера перехода из потенциального модуса существования в актуальный. 3) Время изменения самих потенциальных состояний. Последний аспект времени не имеет отношения к времени в уравнениях КМ и КТП (там используются первые два аспекта времени). Пока мы можем только предполагать, что этот третий аспект времени существует, но как его измерить, не ясно, ведь все наши инструменты и эталоны — актуальные. Можно также надеяться, что временной аспект развития поможет объяснить совпадение направлений различных «стрел времени»: термодинамической, космологической, электромагнитной и психологической. Здесь возможно всего несколько вариантов. Источником времени развития может являться или 2-е начало термодинамики вместе с эволюцией Вселенной, или принцип причинности, или особенности нашего восприятия, или что-то другое, пока нам не известное.

Литература

1. Ли Смолин. Возвращение времени. — М., 2014. — С. 192–193.
2. Владимиров Ю. С. Реляционная концепция Лейбница-Маха. — М.: URSS, 2016.
3. Аристов В. В. Реляционное статистическое пространство-время и единое описание квантовых и гравитационных эффектов // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2018. № 4. — С. 4–20.
4. Векшенов С. А. Математика и метафизика двойственности / Метафизика. Век XXI, выпуск 4. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — С. 91–114.
5. Владимиров Ю. С. Метафизика. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
6. Ефремов А. П. Предгеометрическая структура ассоциативных алгебр и кватернионные пространства как математическая среда обитания физических законов // Пространство-время и фундаментальные взаимодействия. — 2014, вып. 1. — С. 5–19.
7. Владимиров Ю. С. Метафизика. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
8. Владимиров Ю. С. Основания физики. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
9. Владимиров Ю. С. Физика дальнего действия. Природа пространства-времени. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
10. Владимиров Ю. С. Реляционная концепция Лейбница-Маха. — М.: ЛЕНАНД, 2017.

11. Кулаков Ю. И. (с дополнением Михайличенко Г. Г.). Элементы теории физических структур. — Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та, 1968.
12. Михайличенко Г. Г. Математические основы и результаты теории физических структур. — Горно-Алтайск: РИО Горно-Алтайского госуниверситета, 2012; 2016.
13. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 3. (Излучение, волны, кванты.) — М.: Мир, 1965.
14. Рашевский П. К. Риманова геометрия и тензорный анализ. — М.: Наука, 1967.
15. Van Dantzig D. On the relation between geometry and physics and concept of space-time. // *Funfzig Jahre Relativit ts theory Konferenz Bern, Basel*, 1955. Bd. 1, S. 569.
16. Zimmerman E. J. The macroscopic nature of space-time // *Americ. J. Phys.*, 1962, vol. 30, p. 97–105.
17. Пенроуз Р., Мак-Каллум М. А. Х. Теория твисторов: подход к квантованию полей и пространства-времени. // Сб. «Твисторы и калибровочные поля». — М.: Мир, 1983. — С. 131–224.
18. Природа электрического тока (Беседы-диспуты в Ленинградском политехническом институте). — М.-Л.: Всесоюзное электротехническое общество, 1930.
19. Vladimirov Yu. S., Molchanov A. B. Relational justification of the cosmological redshift. // *Gravitation and Cosmology*. — 2015, vol. 21, No.4, p. 279–282.
20. Wheeler J. A., Feynman R. P. / Interaction with absorber as the mechanism of radiation // *Rev. Mod. Phys.* 1945, vol. 17, p. 157–181.
21. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. — Т. 3–4. М., 1977.
22. Владимиров Ю. С. Метафизика. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
23. Владимиров Ю. С. Основания физики. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.

References

1. Smolin L. *Vozvrashchenie vremeni [Return of the time]*. — Moscow, 2014. — pp. 192–193.
2. Vladimirov Yu. S. *Relyacionnaya koncepciya Lejbница-Maha [Relational conception of the Leibniz-Mach]*. — Moscow: URSS Publ., 2016.
3. Aristov V. V. *Relyacionnoe statisticheskoe prostranstvo-vremya i edinoe opisanie kvantovyh i gravitacionnyh effektov [Relational statistical space-time and unified description of quantum and gravitational effects]* // *Prostranstvo, vremya i fundamental'nye vzaimodejstviya [Space, time and fundamental interactions]*. 2018. № 4. — pp. 4–20.
4. Vekshenov S. A. *Matematika i metafizika dvojstvennosti [Mathematics and metaphysics of duality]* / *Metafizika [Metaphysics]*. Vek XXI, vol. 4. — Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2011. — pp. 91–114.
5. Vladimirov Yu. S. *Metafizika [Metaphysics]*. — Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2009.
6. Efremov A. P. *Predgeometricheskaya struktura associativnyh algebr i kvaternionnye prostranstva kak matematicheskaya sreda obitaniya fizicheskikh zakonov [Pregeometric structure of associative algebras and quaternion spaces as a mathematical habitat of physical laws]* //

- Prostranstvo-vremya i fundamental'nye vzaimodejstviya [*Space-time and fundamental interactions*]. — 2014, vol. 1. — pp. 5–19.
7. Vladimirov Yu. S. Metafizika [*Metaphysics*]. — Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009.
8. Vladimirov Yu. S. Osnovaniya fiziki [*The Foundation of physics*]. — Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2008.
9. Vladimirov Yu. S. Fizika dal'nodejstviya. Priroda prostranstva-vremeni [*Long-range Physics. The nature of space-time*]. — Moscow: Knizhnyj dom «LIBROKOM» Publ., 2012.
10. Vladimirov Yu. S. Relyacionnaya koncepciya Lejbnica–Maha [*Relational conception of the Leibniz–Mach*]. — Moscow: LENAND Publ., 2017.
11. Kulakov Yu. I. (s dopolnieniem Mihajlichenko G. G. [With the addition of Mikhailichenko G. G.]). Elementy teorii fizicheskikh struktur [*Elements of the theory of physical structures*]. — Novosibirsk: Novosibirsk Univ. Press, 1968.
12. Mihajlichenko G. G. Matematicheskie osnovy i rezul'taty teorii fizicheskikh struktur [*Mathematical foundations and results of the theory of physical structures*]. — Gorno-Altajsk: RIO Gorno-Altajskogo gosuniversiteta Publ., 2012; 2016.
13. Fejnman R., Lejton R., Sends M. Fejnmanovskie lekicii po fizike [*Feynman lectures on physics*]. vol. 3. (Izluchenie, volny, kvanty.) — Moscow: Mir Publ., 1965.
14. Rashevskij P. K. Rimanova geometriya i tenzornyj analiz [*Riemannian geometry and tensor analysis*]. — Moscow: Nauka Publ., 1967.
15. Van Dantzig D. On the relation between geometry and physics and concept of space-time [*On the relationship between geometry and physics and concept of space-time*] // Fünfzig Jahre Relativitäts theory Konferenz Bern, Basel, 1955. Bd. 1, S. 569.
16. Zimmerman E. J. The macroscopic nature of space-time // *Americ. J. Phys.*, 1962, vol. 30, p. 97–105.
17. Penrouz R., Mak-Kallum M. A. H. Teoriya tvistorov: podhod k kvantovaniyu polej i prostranstva-vremeni [*Twistor Theory: an approach to quantization of fields and space-time*] // Sb. «Tvistory i kalibrovochnye polya [*Twistors and calibration fields*]». — M.: Mir, 1983. — S. 131–224.
18. Priroda elektricheskogo toka (Besedy-disputy v Leningradskom politekhnicheskom institute) [*Nature of electric current (Discussions at Leningrad Polytechnic Institute)*]. — Moscow, Leningrad: Vsesoyuznoe elektrotekhnicheskoe obshchestvo, 1930.
19. Vladimirov Yu. S., Molchanov A. B. Relational justification of the cosmological redshift. // *Gravitation and Cosmology*. — 2015, vol. 21, No.4, p. 279–282.
20. Wheeler J. A., Feynman R. P. / Interaction with absorber as the mechanism of radiation // *Rev. Mod. Phys.* 1945, vol. 17, p. 157–181.
21. Fejnman R., Lejton R., Sends M. Fejnmanovskie lekicii po fizike [*Feynman lectures on physics*]. — T. 3–4. M., 1977.
22. Vladimirov Yu. S. Metafizika [*Metaphysics*]. — M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009.
23. Vladimirov Yu. S. Osnovaniya fiziki [*The Foundation of physics*]. — M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2008.

An overview of the Panel discussion “Fundamental problems of modern quantum physics”

Sevalnikov Andrey, Institute of philosophy RAS

Abstract. The following review is devoted to the round-table discussion “Fundamental problems of the modern quantum mechanics” held on May 19, 2019 at the Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences. The discussion was attended by well-known experts in this field, both from Russia (Moscow, St. Petersburg and Voronezh) and from Belarus (Minsk). The participants discussed a wide range of issues related to the interpretation of quantum mechanics which has recently become extremely relevant. The main issue discussed by the participants was primarily connected with the ontological status of quantum objects, i.e. with the reality problem of quantum objects. Two moderators of the Round Table (A.Yu. Sevalnikov and V.E. Terekhovich) brought up for discussion in advance some questions to which everyone gave their answers. The questions were as follows:

1. Do quantum objects (state vectors) exist between measurements (psi-ontical point of view)? Or does the wave function describe only our knowledge (psi-epistemological point of view)?
2. What are the advantages of the two-modus existence model: the potential-actual opposition for the description of quantum phenomena?
3. What parts of the quantum theory formalism most adequately describe the existence of quantum objects (state vector, field operators, complex phase, possible courses in the path integral formalism)?
4. Does the classical world arise from the quantum world, and if so, how?
5. In what kind of space do state vectors exist (superposition)?
6. In the course of what time do state vectors exist (superposition)?

Keywords: quantum mechanics, philosophy, ontology, the problem of reality, the potential, the actual.