

## С. Н. Жаров. Ответы на вопросы модераторов Круглого стола.

– Существуют ли квантовые объекты (вектора 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. Я имею в виду две характерные эпистемологические процедуры:

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

2) отождествлении *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 некой реальности (иначе она не предсказывало 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 укажу на две ситуации<sup>1</sup>.

**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<sup>2</sup>. Однозначно определяется только напряженность поля, и именно ей обычно приписывается реальность. Однако эксперимент Ааронова–Бома<sup>3</sup> показывает, что потенциалы способны выполнять роль действенного фактора там, где напряженность поля равна нулю. Такую ситуацию невозможно описать только в терминах

<sup>1</sup> Подробнее см.: Жаров С. Н., Крыловецкий А. Г. Избыточная информация и проблема объективности физического знания // Филос. науки. 1985. № 6. С. 133–135; Жаров С. Н. Пути достижения объективной истины и избыточное содержание научной теории // Филос. науки. 1986. № 2. С. 10–17. Жаров С. Н. Калибровочные преобразования и избыточное содержание физической теории // Философские проблемы классической и неклассической физики: современная интерпретация. М.: Ин-т философии РАН, 1998. С. 138–157.

<sup>2</sup> Вигнер Е. Этюды о симметрии. – М.: Мир, 1971. – С. 41.

<sup>3</sup> Aharonov Y., Bohm D. Significance of Electromagnetic Potentials in the Quantum Theory // Phys. Rev. 1959. Vol. 115, N 3; Aharonov Y., Bohm D. Further Considerations of the Role of Electromagnetic Potentials in the Quantum Theory // Phys. Rev. 1963. Vol. 130. – N 4. Один из таких экспериментов был поставлен Чамберсом: Chambers R. G. Shift of an electron interference pattern by enclosed magnetic flux // Phys. Rev. Letters. 1960. Vol. 5, N 1.

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 квази-антиномии 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<sup>4</sup>, качественно о 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<sup>5</sup>, 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<sup>6</sup>. 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 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

<sup>4</sup> Нейман И. фон. Математические основы квантовой механики. М.: Наука, 1964. Гл. 6.

<sup>5</sup> См.: Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. М.: ИЛ, 1961. С. 73..

<sup>6</sup> Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики. М.: ИЛ, 1953. С. 43.

предмет, обеспечивающий однозначную фокусировку теоретического взгляда, что делает возможным строгое мышление. Однако XX век привел к открытию бытия, которое не представимо 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 особенная 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 квантовомеханическом 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<sup>7</sup>. 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 отологическое 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.

---

<sup>7</sup> См.: Фейнман Р., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. М.: Мир, 1968. С. 25–26.

Проще всего было бы истолковать данную ситуацию как выражение онтологической неполноценности квантовой механики. Однако возможна и другая интерпретация. В моем понимании 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»<sup>8</sup>. 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 квантовомеханическом 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 вектора 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 механике? 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»<sup>9</sup>. Пространство Минковского есть физическое пространство – пространство событий, а присущая ему мера указывает на возможность (или невозможность) причинной связи между событиями.

<sup>8</sup> Хайдеггер М. Послесловие к «Что такое метафизика?» // Хайдеггер М. Время и бытие: Статьи и выступления. М.: Республика, 1993. С. 38.

<sup>9</sup> Эйнштейн А. Принстонские лекции. М.; Ижевск: Ин-т компьют. исследований, 2002. С. 39.

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<sup>10</sup>. Примером является успешное применение *расслоенных пространств* в физике<sup>11</sup>. 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 конструктом. «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»<sup>12</sup>. Это не означает отрыв от эксперимента, ибо, согласно Эйнштейну, «только теория решает, что именно можно наблюдать»<sup>13</sup>. 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<sup>14</sup>.

<sup>10</sup> См.: Калуца Т. К проблеме единства физики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: Сб. статей. М.: Мир, 1979; Арефьева И. Я., Волович И. В. Суперсимметрия: теория Калуцы – Клейна, аномалии, суперструны // Успехи физич. наук. 1985. Т. 146, вып. 4; Визгин В. П. Единые теории поля в квантово-релятивистской революции: Программа полевого геометрического синтеза физики. 2-е изд., испр. М.: КомКнига, 2006.

<sup>11</sup> Бернштейн Г., Филипс Э. Расслоения и квантовая теория // Успехи физич. наук. 1982. Т. 136, вып. 4; Владимиров Ю. С. Геометрофизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – Ч. 3; Коплева Н. П., Попов В. Н. Калибровочные поля. 2-е изд. М.: Атомиздат, 1980.

<sup>12</sup> Эйнштейн А. Письмо Г. Сэмьюэлу от 13.10.1950 // Эйнштейн А. Собр. науч. трудов: в 4 т. М.: Наука, 1967. Т. 4. С. 328.

<sup>13</sup> Цит. по: Гейзенберг В. Квантовая механика и беседа с Эйнштейном (1925–1926) // Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М.: Наука, 1989. С. 192.

<sup>14</sup> См.: Жаров С. Н. Бытие и пространство: трансцендентальная перспектива // Пространство как трансцендентальная предпосылка познания реальности. – М.: Ин-т философии РАН, 2014; Жа-

