

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ: ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ ОСНОВАНИЙ

Краткая дискуссия о неполноте квантовой механики

Круглый стол на третьей конференции по квантовой теории: переосмысление оснований

От переводчика:

Я предлагаю вниманию читателя вторую часть стенограммы круглого стола, состоявшегося во время конференции “Квантовая теория: переосмысление оснований” 3 июня 2005 года, Vaxjö, Швеция. Представлены мнения ведущих экспертов по такой проблеме оснований квантовой механики, как ее полнота (опущена первая часть, посвященная природе квантовых флуктуаций).

М.Х.Шульман, 4.11.2006

МОЖЕТ ЛИ КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАССМАТРИВАТЬСЯ КАК ПОЛНОЕ?

Значимость этого обсуждения была поставлена под вопрос еще до того, как оно состоялось.

Проф. Scully сказал, например, что мы в качестве теста можем задать аналогичный вопрос относительно термодинамики.

Проф. Assardi заметил, что невозможно дискутировать без согласия по поводу самого определения полноты, на что проф. Khrennikov ответил – ясно, что у каждого есть свое определение. Тем не менее было решено начать дискуссию. Khrennikov попытался уточнить вопрос так: Кто верит, что квантовая механика является окончательной теорией, т.е. не существует более глубокой теории, которая могла бы дать нам детерминистическое описание действительности?. В этом месте Scully выразил протест – это собственное определение полноты со стороны Khrennikov’a! Когда же спросили его самого, Scully сказал, что вопрос скорее состоит в том, является ли квантовая механика полной в том же смысле, что и термодинамика? В конечном счете на голосование был поставлен следующий вопрос:

Голосование 1: Может ли квантово-механическое описание считаться полным?

- Оно полное :10
- Оно неполно: 19
- Прочие мнения : 17

Во время голосования имели место смешки и оживление, когда было замечено, что Marlan Scully поднимал руку дважды, голосую как за полноту, так и за неполноту.

Перед вторым голосованием Scully объяснил, каким образом полнота могла бы пониматься в термодинамике с точки зрения Эйнштейна, для которого термодинамика была абсолютно полной и никогда не могла бы быть изменена в качестве области знания как таковой. Scully заметил, что как все мы знаем, термодинамика имеет фундаментальную статистическую формулировку.

Luis de la Peña отметил, что Эйнштейн ссылаясь на феноменологическую термодинамику, и только она никогда не могла бы быть изменена. Вот это описание может считаться полным.

Scully пояснил, что термодинамика является полной в качестве области знания, и кажется естественным сказать, что она в определенном смысле не меняется с течением времени, но если мы будем рассматривать квантовую термодинамику, то, возможно, она действительно претерпит изменения.

Голосование 2: Может ли термодинамическое описание считаться полным?

- Оно полное :12
- Оно не полно: 19
- Прочие мнения: 11

Достаточно неожиданно было получено то же количество голосов в пользу неполноты термодинамики, что и в пользу неполноты квантовой механики. Мы потеряли четыре голоса в процессе голосования.

Luis de la Peña: Мы говорим о существенной, нередуцируемой неполноте, обусловленной природой описания. Разумеется, каждая научная теория исторически неполна, но это – иной тип неполноты.

Luigi Accardi: Полная – не значит окончательная. Через двести лет квантовая механика еще будет существовать?

Giacomo Mauro D'Agiano: Мы могли бы действительно заключить пари с нашими потомками, я бьюсь об заклад, что квантовая механика будет существовать!

(Молодой ученый): Мы могли бы, возможно, сказать, что теория полна, если она может описать все известные явления.

Giacomo Mauro D'Agiano: Это не работает, могут быть ситуации, когда вы в принципе сможете объяснить явление с помощью данной теории, но не сможете объяснить все из-за слишком большой сложности вычислений.

Andrei Yu. Khrennikov: Я хотел бы послушать Arkady Plotnitsky о позиции, которую занял бы Нильс Бор в этом споре, поскольку часто утверждается, что Бор считал квантовую механику полной.

Arkady Plotnitsky: Бор примкнул бы к третьей категории, т.е. не за и не против ее полноты. Он бы сказал более строго, что квантовая механика настолько же полна в своем описании, насколько классическая физика – в своем.

Christopher Fuchs: Я бы тоже хотел поддержать такую точку зрения, поскольку квантовая механика является, в определенном смысле, самодостаточной. Так что

вопрос, полна она или нет, имеет не больше смысла, чем если спросить, с какой вероятностью она полна либо нет. Я хотел бы сказать, что квантовая механика в этом смысле не будет меняться.

Marlan O. Scully: Я хотел бы прокомментировать то, что относится к Бору. В 1960-х во время ночного кофеиния я спросил Gregory Breit: думаете ли Вы, что квантовая механика всеобща и окончательна как наука? А он сказал, что до появления BCS-теории (Bardeen, Cooper, Schrieffer) он думал так же, но после появления BCS он изменил свое мнение. Julian Schwinger также эволюционировал в эту сторону. Lamb сказал, что квантовая механика применима только к ансамблям, но не к одиночным системам. Следовательно, волновая функция не описывает такую систему, она описывает нашу степень знания относительно такой системы.

Shahriar S. Afshar: Может быть, нам следует квалифицировать этот вопрос в контексте того, сколько из нас являются последователями Боба и сколько примкнули к иным разным точкам зрения. Для Боба все кванты имеют определенные траектории, и действительно можно использовать классическую (ньютонову) термодинамику с учетом квантового потенциала и всего такого.

Basil J. Hiley: Здесь мы должны проявить осторожность. С точки зрения Боба все кванты не имеют определенные траектории. Частицы Шредингера и Дирака, как предполагается, следуют по траекториям. Фотоны же не распространяются по траекториям. Фотоны должны рассматриваться в рамках теории поля даже при Бомовском подходе.

Ashok Muthukrishnan: В квантовой механике мы сталкиваемся со многими дуальностями типа “волна/частица”, “унитарная эволюция/коллапс”, “информация/физический контент” и т.п. Это может быть связано с фундаментальными дуальностями в психологии или философии подобно “свобода/детерминизм”. Описание, которым мы обладаем сейчас в терминах математического и физического языка, может быть аксиоматически полным. Возможно, в будущем нам придется подумать о слиянии квантовой механики с другими областями знания, если мы не хотим прийти к печальному концу. Это подобно спору между наукой и религией. Нужен более широкий язык, который мог бы быть полным в этом смысле.

Karl Svozil: Я думаю, нет сомнений в том, что появится теория, которая, возможно, заменит квантовую теорию. Это должно произойти, хотя бы в силу исторических аналогий. Имеется так много исторических примеров, которые ярко демонстрируют, что любая теория никогда окончательно не отвечает на все вопросы. Для меня действительный вопрос состоит скорее в том, является ли реальность бесконечно неисчерпаемой? Образно говоря, подобна ли реальность луковице или русской матрешке, когда снимая слой за слоем мы, в конце концов, достигнем окончательного предела, или центрального ядра мы не увидим никогда?

Andrei Yu. Khrennikov: Это очень интересно, но мы перемещаемся больше в сторону философских оснований, и я должен сказать, что изучал только марксизм-ленинизм (смешки). Я могу сообщить точку зрения Ленина по этому поводу, он говорил, что реальность неисчерпаема бесконечно.

Al F. Kracklauer: Курт Гедель указал, что набор аксиом для арифметики может быть бесконечным. Так что, поскольку арифметика повседневно используется в физике, мы могли бы заподозрить, что нам потребуется бесконечный набор аксиом и для физики.

Yaroslav Volovich: По моему мнению, квантовая механика связана с квантификацией. (Термодинамика – это другое дело, у нее свой круг проблем). Следуя Ньютону, мы используем действительные числа и пишем дифференциальные уравнения для описания физических явлений, и это проявило себя как очень полезный подход. Подобно этому подход, который вводит квантовая механика, это - квантификация. Почему бы не представить себе, что когда-нибудь в будущем будет найден другой такой ключевой подход, который окажется столь же успешным, что и эти два фундаментальных подхода. Например, одна из главных современных проблем связана с гравитацией. В этом смысле я хотел бы сказать, что квантовая механика вероятно не является окончательной теорией.

Giacomo Mauro D Ariano: Предположим, что квантовая механика, подобно синтаксису или грамматике, основывается на множестве правил, при этом мы имеем также словарь. В этом случае возможно, что мы сталкиваемся с луковицей: мы можем снимать слой за слоем, как выразился Karl Svozil, но каждый слой сохраняет справедливость квантовой механики. Мы откроем новые теории, новые частицы, но квантовая механика всегда будет оставаться верной. В далеком будущем, скажем, в 3000-м году, мы все еще будем иметь ту же грамматику, но новый словарь.

Shahriar S. Afshar: Для меня вопрос мог бы быть сформулирован так: сколь многие из нас действительно верят, что мы еще сможем использовать язык волны и частицы в будущем?

Roger Balian: Конечно, теория не является окончательной, и квантовая механика изменится. Однако, это произойдет на фоне новых явлений, и если мне разрешат небольшую провокацию, я бы сказал, что она уже сейчас работает так замечательно, что дискуссия о полноте или неполноте теории кажется пустой тратой времени.

Andrei Yu. Khrennikov: Я бы, пожалуй, не согласился с этим. Напротив, я думаю, что мы не можем ждать новых явлений, именно потому, что квантовая механика работает так замечательно. Мы нуждаемся в новых идеях, иначе мы проверили бы неравенства Белла более ста лет назад...

Giacomo Mauro D Ariano: Может быть, я могу привести пример, чтобы проиллюстрировать эту точку зрения. Некоторые из вас могли слышать о работе Popescu и Hardy о корреляциях. Они нашли, что имеется целое множество возможных теорий, в смысле наличия корреляций, которые не являются причинными (и, таким образом, исключают сверхсветовые коммуникации), но нарушают границы Cirelson'a, т.е. $2\sqrt{2}$ от максимально даваемых квантовой механикой. Существование таких суперквантовых корреляций означает, что реально возможно, что кто-либо однажды обнаружит, скажем, новые частицы, для которых будут нарушены границы Cirelson'a.

Luigi Accardi: Но почему это должно иметь такой специальный характер? Существует несчетно много инвариантов, не являющихся колмогоровскими, которые могут продемонстрировать тот же результат.

Giacomo Mauro D'Ariano: Эта точка зрения означает, что в принципе возможно, что неколмогоровская механика заменит квантовую.

Hans N. Grelland: Я думаю, что рост нашего понимания связей между человеческим бытием и сознанием может привести к улучшению понимания физики вообще и квантовой механики в частности.

Andrei Yu. Khrennikov: Часто говорят, что квантовая механика – очень абстрактная математическая теория, трудная теория, и что это отличает ее от других теорий. Однако квантовая механика – это просто линейная алгебра. Если мы рассмотрим теорию измерений, т.е. обычную вероятностную теорию, то она гораздо более абстрактна, более сложна и, возможно, более глубока, нежели квантовая механика.

Roger Balian: Простые числа просты, и все же их свойства очень сложны и в то же время удивительны. Я также согласен с тем, что математика теории вероятностей намного более сложна, чем математика квантовой механики.

Bob Coecke: Квантовая механика – сложный язык, даже если его ядро само по себе простое. Рассмотрим язык компьютеров, с одной стороны он прост, в нем есть только 0 и 1. Этот бинарный язык также и очень сложен для понимания, и, кроме того, он представляет собой ядро многих технологических объектов, которыми может обычно управлять человек.

Marlan O. Scully: Джон Бел где-то и когда-то сказал что-то вроде такого: было бы ли интересно, если бы все это изучение квантовой механики привело бы нас в конце концов к концу к доказательству существования Бога или Будды? Никто не наталкивался на эту цитату? Я бы дал 300 сотен долларов (I would give 300 hundred dollars) за точный текст этой цитаты. (Некоторые из присутствовавших участников действительно встречали эту цитату, но никто не смог точно указать, где или когда Джон Белл рискнул сделать это смелое утверждение.)