

Одночастичная контекстуальность, двухчастичная нелокальность, спутанность, уилеровские эксперименты с отложенным выбором, FWT и всё такое ...

В.А. Касимов (E-mail: quadrica-m@mail.ru)

Началу обсуждения предпослём слова П. Дэвиса [1, стр. 56], высказанные им более тридцати лет назад по поводу результатов эксперимента Аспека:

"Квантовая физика ниспровергает столь упрощённую классическую взаимосвязь целого и его частей. Квантовый подход требует рассматривать частицы только в их взаимосвязи с целым. Поэтому было неверным считать элементарные частицы вещества отдельными материальными объектами, которые, соединяясь в ансамбли, образуют более крупные объекты. При более точном описании мир выступает как совокупность отношений."

Следует отметить, что автор имел в виду более общие отношения, не сводящие к абсолюту известных топологических (непрерывность, близость, границы) или геометрических (траектории, точки) свойств.

Известно, что представление отношений *целого* и *части* встречает серьёзные затруднения при геометрическом описании, хотя геометрически отношения частей частично реализуемы в формализме, например, корпускулярно-волнового дуализма. Это однозначно показывают результаты экспериментов при уилеровском отложенном выборе [2]. Первым делом, вводится новая переменная, которая принимает всего два значения, соответствующие характеру визуализации наблюдаемой картины: корпускулярной и волновой. Корпускулярная картина вполне традиционно может быть описана классическим способом при введении понятий пути, точки, траектории и т. д. В [2] под *измерением* понимаются активные процедуры *получения* или *стирания* информации; под *наблюдением* — пассивная процедура предсказания результата последующего измерения, в корпускулярно-волновом случае — предсказания волновой или корпускулярной ипостаси квантового объекта со 100%-ной достоверностью при последующем единичном измерении. Кривые распределения получаются как результаты многократных измерений, то есть при экспериментах с ансамблем частиц.

Смена картины визуализации ассоциируется с распространением *сингла*. На основе распространения синглов рассматривается возможность нелокальной квантовой связи. Например в [3], рассматривается квантовый парадокс, в котором наличие или отсутствие интерференционной картины 2х-фотонной путь-спутанной системы определяется выбором измерения, что является потенциально нелокальным сигналом. Хотя механизм смены визуализации картины корпускулярно-волнового дуализма (распространение сингла) на сегодня неизвестен, тем не менее, предпринимались неоднократные попытки использования распространения *синглов* для осуществления сверхсветовой передачи данных.

В [3] показано, что для рассмотренных случаев даже, когда интерференционные картины могут быть включены или выключены, всегда будут наблюдаться *сигнальная* или *антисигнальная* картины интерференции, которые добавляются даже, если одновременно присутствуют запутанность [9] и когеренция. Это обстоятельство маскирует любую наблюдаемую интерференцию. Такое поведение можно атрибутировать тем, что в литературе называется "комплементарностью одно- и двухчастичной интерференций". Однако авторы работы [3] отмечают, что

"... существует механизм, с помощью которого формализм квантовой механики блокирует нелокальную сигнализацию и что ... в контексте стандартного формализма квантовой механики, природа, кажется, хорошо защищена от возможности нелокальной сигнализации".

Фотонный дуализм "волна-частица" обеспечивает "одновременное" сосуществование этих двух ипостасей макромира. Переключение способа наблюдения (инициация сингла) не есть обычное распространения сигнала, регламентируемое СТО и, по-видимому, способно обеспечить мгновенную смену визуальной картинке интерференции, то есть "распространение сингла".

Собственно, это и есть ключевой момент в возможности реализации сверхсветовой передачи и уже – информации. Насколько это реализуемо с использованием управляемых параметров систем является предметом рассмотрения статьи [3]. По мнению авторов, визуализация синглов – есть уже текущий момент сегодняшней физики, реальность которого подтверждена экспериментально. Тем не менее, получен очередной отрицательный результат в попытке визуализации синглов – этого удивительного квантового явления. Кроме того, они считают, что существования синглов не противоречит теории относительности, а их распространение не регламентируется СТО. Новая определённая в свойствах подобных "сигналов" представлена в [10].

В феврале 2009 года вышла статья [4], в которой авторы предложили доказательство удивительной по значимости для квантовой теории теоремы (FWT-теорема). В частности там говорится:

"Две теории, которые произвели революцию в физике XX века - теория относительности и квантовая механика, полны выводов, которые не поддаются здравому смыслу. Недавно мы использовали три такие парадоксальные идеи, чтобы доказать FWT-теорему (здесь усиленный вариант- sFWT), являющейся кульминацией серии из теорем по квантовой механике, возникшей в 1960-х годах. Грубо говоря, теорема утверждает, что, если для экспериментаторов имеется возможность свободной подготовки эксперимента независимо от предыстории предыдущих измерений, нечто подобное должно выполняться и для элементарных частиц. Точнее, если экспериментатор может свободно выбирать – в каком направлении ориентировать аппаратуру для измерения, то ответ частицы (чтобы быть педантичным – ответ окружения частицы) определяется не всей предыдущей историей этого окружения."

В марте 2016 года были анонсированы первые экспериментальные результаты по проверке этой теоремы [5].

К самым важным моментам статьи необходимо безусловно отнести математическое доказательство ограниченности, вплоть до отсутствия, функциональной связи между возмущением и откликом, что равнозначно отсутствию влияния прошлого на будущее и ближайшего окружения на квантовый объект. Более точно, суть доказанной теоремы заключается в том, что, если для экспериментаторов имеется возможность получить любое состояние независимо от предыстории "коллапсов" волновой функции (т.е. предыдущих измерений), нечто подобное должно выполняться и для элементарных частиц. А именно, авторы отмечают:

"Смысл FWT-теоремы состоит в следующем: если для экспериментаторов имеется возможность получить любое состояние независимо от предыстории "коллапсов" волновой функции (т.е. предыдущих измерений), нечто подобное должно выполняться и для элементарных частиц. Теорема выходит за рамки теоремы Белла и объединяет два основополагающих принципа: одночастичной контекстуальности ... и двухчастичной нелокальности..."

и утверждают, что вектора состояний квантовой системы не могут служить "депозитариями" для её возможных состояний.

По нашему мнению, эта теорема является хорошим предисловием к обсуждению реляционной интерпретации квантовой механики, именно – *интерпретации*, поскольку она не затрагивает структуры квантовой теории.

Суть противоречий, возникающих между квантовой механикой и теорией относительности, можно понять из рассмотрения фотонной модели эксперимента Аспека.

В чём особенности экспериментов с фотонами?

1. Фотон – релятивистский объект. Все события, связанные с движением фотона можно рассматривать как времениподобные, так и пространственноподобные, поскольку они располагаются на границе этих областей – световом конусе. Первое позволяет рассматривать эти события как происходящие в "одной точке", то есть как локально причинно связанные; второе – как "одновременные и разноместные", причинно несвязанные (нелокальность). Однако движение фотона происходит в конкретной системе отсчёта, а события реально разделены и пространственно, и по времени.

В силу одночастичной контекстуальности, двухчастичной нелокальности и спутанности, локальность/нелокальность, причинность/непричинность – "всё в одном". В этих состояниях, вообще говоря, нет ни прошлого, ни будущего, ни близкого, ни далёкого. Хотя в конкретной системе отсчёта (при факторизации пространственно-временных отношений на 3+1) проявляется и первое, и второе, и третье, и четвёртое. Однако, светоподобные события в 4-пространстве вырождаются в безразмерную 4-точку без всяких "степеней свободы" для интерпретации. Квантовая же теория связывает их в одно целое с помощью спутанных состояний нескольких частиц, могущих быть зарегистрированными детекторами, как отдельные объекты.

2. Спутанные квантовые объекты как целое, могут описываться как чистые состояния, то есть с помощью волновых функций. Компоненты, составляющие эту спутанную целостность – суб'объекты и именуемые "частицами", не могут быть описаны волновыми функциями. Они описываются матрицами плотности. Главной особенностью описания состояний с помощью матриц плотности – их ненулевая энтропия, что означает наличие у описываемого объекта информационной ёмкости. Одночастичная контекстуальность, двухчастичная спутанность и ненулевая энтропия дают принципиальную возможность обмена информацией и её переноса между суб'объектами, входящими в целостность. Механизм и скорость передачи информации между компонентами целостной системы на сегодняшний день неизвестны.

3. Фотон – квантовый объект и обладает дихотомическим свойством – "поляризацией". Этим же свойством обладает и монохроматический луч света (по-видимому, это одно из немногих свойств в классической физике, подчиняющееся реальному квантованию). На этом основании эксперименты со светом могут достаточно адекватно имитировать поведение фотонов в отношении их поляризации.

Здесь следует отметить, что реляционная интерпретация квантовой механики снимает противоречие между теорией относительности и квантовой механикой, поскольку "выносит за скобки" пространственно-временные отношения для точечных событий (см., например: [7, 8]).

Однако уже здесь можно подвести некоторые итоги по рассмотрению пространственно-временных отношений.

Первая определённая в факторизации пространственно-временных отношений – возможность ввести переменную со значениями: волна, частица. Возможность её визуализации подтверждена экспериментально. Смена картины результата связывается с понятием сингла, нового объекта, распространение которого не регламентируется топологически и геометрически. На этом этапе отсутствуют понятия близости, расстояния, интервала времени, а значит и скорости. Со стороны СТО претензий возникнуть не может.

Для частицы же возникает очередная определённая – путь, отмечающий точки рождения частицы и её детектирования. Об определённости траектории здесь не идёт речь, поэтому о расстоянии не может быть речи. Это тоже подтверждено экспериментально. Однако очевидна возможность проявления прообраза точечного события и как следствие – геометрических 3- и 4-точек, возникновение свойств локальности

Создание условий, нивелирующих проявление принципа неопределённости Гейзенберга, приводит к возможности описания траекторий и моментов времени, то есть к геометрии и динамике точки в измеримом (по мере) исполнении и на базе метричности топологическими свойствам (близости, непрерывности и т. д.). Элементарный пример выхода на традиционное макроуровневое описание приведен в [12].

В работе [11] предпринята попытка философского обобщения представленных здесь результатов.

Литература

1. П. Дэвис. *Суперсила*. М., Мир, 1989
2. Xiao-song Ma, Johannes Kofler, Anton Zeilinger. *Delayed-choice gedanken experiments and their realizations*.
Перевод: <https://www.academia.edu/32443340/>
3. John G. Cramer · Nick Herbert. *An Inquiry into the Possibility of Nonlocal Quantum Communication*.
Перевод: <https://www.academia.edu/32443423/>
- 4 John H. Conway and Simon Kochen. *The Strong Free Will Theorem*.
Перевод: <https://www.academia.edu/34020650/>
5. Bi-Heng Liu, Xiao-Min Hu, Jiang-Shan Chen, Yun-Feng Huang, Yong-Jian Han, Chuan-Feng Li, Guang-Can Guo, Ad'an Cabello. *Experimental test of the Free Will Theorem*.
Перевод: <https://www.academia.edu/32443443/>
6. Gian Carlo Ghirardi, Raffaele Romano. *On a proposal of superluminal communication*
Перевод: <https://www.academia.edu/32443461/>
7. Federico Laudisa. *The EPR Argument in a Relational Interpretation of Quantum Mechanics*.
Перевод: <https://www.academia.edu/33329716/>
8. Bas C. van Fraassen. *Rovellis World**.
Перевод: <https://www.academia.edu/32443451/>
9. Касимов В.А. Ещё раз о квантовой "спутанности". Новосибирск, 2015 г.
<https://www.academia.edu/32427335/>
10. Касимов В.А. О постулате постоянства скорости света в СТО. Новосибирск, 2015 г.
<https://www.academia.edu/32427342/>
11. Касимов В.А. Некоторые философские проблемы пространственно-временных отношений. Новосибирск, 2013 г. <https://www.academia.edu/32427333/>
12. Касимов В.А. Возникновение пространственно-временной определённости. Новосибирск, 2013-2016 гг.
<https://www.academia.edu/32427331/>
13. Касимов В.А. Некоторые топологические парадоксы СТО (ЭПР)
<https://www.academia.edu/32427340/>, <https://www.academia.edu/32427336/>

Для связи:

quadrica-m@mail.ru

Авторский семинар

<http://my.mail.ru/community/physiks.principis/?ref=cat>

<http://quadrica.ucoz.net/>

<https://independent.academia.edu/KasimovVladimir>

<https://vk.com/public128913510>

<https://www.facebook.com/quadrica.m>

<http://orcid.org/0000-0002-1435-9220>

В.А. Касимов.

Одночастичная контекстуальность, двухчастичная нелокальность, спутанность, уилеровские эксперименты с отложенным выбором, FWT и всё такое ...

Аннотация.

В продолжение обсуждения результатов экспериментов Аспека [13]. Обзор новых результатов.

V.A. Kasimov.

The one-particle contextuality, two-particle nonlocality, entanglement, Wheeler's experiments with delayed choice, FWT and all that ...

Abstract.

In continuation of the discussion of the results of the Aspect's experiments [13]. An overview of the new results.