

О темпоральной природе квантовой нелокальности

Кузнецов Сергей Иванович

Web-Институт исследований природы времени (<http://www.chronos.msu.ru>)

Лаборатория-кафедра “Темпоральной квантовой физики”
bitva@mail.ru

Целью фундаментальных исследований является построение единой картины мироздания. Чтобы достичь этой цели, необходимо объединить законы микро- и макро-мира на основе общего концептуального базиса. Решающее значение для создания такого базиса имеет глубина нашего понимания законов природы, достигнутая квантовой механикой и теорией относительности. К сожалению, эти две самые революционные теории 20-го века в значительной степени различаются концептуально. Наиболее отчетливо и остро противоречия проявляются в связи с проблемой нелокальности.

Свойство нелокальности подразумевает, что две части единой системы остаются физически связанными, даже если они разделены пространственно-подобным интервалом, т.е. для поддержания этой связи требуются *сверхсветовые* скорости взаимодействия, что, конечно, противоречит теории относительности, утверждающей, что любые взаимодействия, любые сигналы ограничены скоростью света.

В известной статье А.Эйнштейна, Б.Подольского и Н.Розена [1] приведен мысленный эксперимент, который обнаруживает несовпадение классического и квантово-механического описания реальности. В эпр-эксперименте рассмотрено поведение двух идентичных частиц (частиц эпр-пары), связанных общим происхождением и свободно разлетающихся в противоположные стороны от точки своего возникновения. Законы сохранения требуют, чтобы между такими частицами имели место корреляции – квантовое состояние одной из них не может быть произвольным, оно зависит от состояния другой частицы. Наличие эпр-корреляций, по мысли авторов статьи, позволяет путем измерения какого-либо физического параметра одной из частиц эпр-пары узнать о значении этого параметра у другой частицы, не совершая над ней измерение.

Копенгагенская интерпретация утверждает, что свободная квантовая частица не обладает определенными динамическими свойствами, поэтому такого рода корреляция может возникнуть только в момент измерения. Для частиц, разделенных пространственно-подобным интервалом, установление эпр-корреляции с необходимостью предполагает “действие на расстоянии”. А.Эйнштейн и соавторы не могли допустить существование сверхсветовых скоростей, что, безусловно, означало бы нарушение принципа причинности. По их мнению, Копенгагенская интерпретация не дает полного (и окончательного) описания реальности. Это значит, что будущая квантовая теория должна учитывать существование неких “скрытых параметров”, благодаря которым связь между частицами эпр-пары (эпр-корреляция) определяется уже в момент возникновения этой пары.

Долгое время правомочность введения в физическую теорию понятия “нелокальность” зависело от ответа на единственный вопрос: когда устанавливается эпр-корреляция – в момент рождения эпр-пары (как это предполагают локальные теории скрытых параметров) или в момент измерения (как это утверждает Копенгагенская интерпретация)? Реальные эпр-эксперименты группы А.Аспека [2], основанные на теоретических работах Дж.Белла [3], позволили ответить на этот вопрос однозначно. Результаты этих и других подобных экспериментов свидетельствуют против локальных теорий, т.е. против позиции А.Эйнштейна.

В настоящее время явление нелокальности в микромире стало научно доказанным фактом, однако вопрос о механизме установления нелокальных квантовых корреляций остается открытым.

В этой связи особые надежды возлагали на появившуюся в 1986 году Транзакционную интерпретацию квантовой механики Крамера [4]. Дж.Крамер показал, что эпр-парадокс может быть разрешен на основе гипотезы о *симметричном* времени – текущем как в

прямом, так и в обратном направлении. В Транзакционной интерпретации волновые движения (материальные волны) подразумеваются реально существующими в четырехмерном пространстве-времени, точнее – в пространстве будущего времени.

Благодаря симметризации времени Дж.Крамеру удалось построить физическую модель взаимодействия квантовых объектов, которая допускает обмен сигналами между частицами, разделенными пространственно-подобным интервалом, и в то же время удовлетворяет требованию релятивизма, запрещающему существование сверхсветовых скоростей. Однако интерпретация Дж.Крамера не отвечает на вопрос, почему должна устанавливаться транзакция именно с той частицей, которая принадлежит данной эпр-паре.

В разрабатываемой автором Темпоральной интерпретации квантовой механики [5] этот недостаток удается исправить. В ней предполагается, что волновые движения (темпоральные волны), приводящие к появлению транзакции между эпр-частицами, происходят не в будущем, а в прошлом времени. Второе важное отличие состоит в том, что волны распространяются вдоль мировой линии частицы, а не в свободном пространстве. По этой причине в эпр-эксперименте темпоральная волна всегда доходит до точки рождения эпр-пары и вопросов, подобных тем, которые погубили Транзакционную интерпретацию Крамера, не возникает.

Особо подчеркнем, что в рамках предлагаемой модели согласование состояний эпр-частиц происходит не только в момент регистрации одной из них— частицы коррелируют постоянно на протяжении всего времени свободного разлета. Это означает, во-первых, что нет необходимости вводить скрытые параметры. А во-вторых, что для нас очень важно, состояние каждой из частиц в каждый момент времени является определенным. Следовательно, мы можем надеяться на построение физической теории, непротиворечивым образом сочетающей постулаты релятивизма и квантовой механики – такой теории, в которой “закономерно связанными вещами будут не вероятности, но факты” (А.Эйнштейн).

[1] *A. Einstein, B. Podolsky, & N. Rosen*, "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?", *Phys. Rev.* 47, 10, 777-780 (1935)

[2] *A. Aspect, P. Grangier, & G. Roger*, "Experimental realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: A new violation of Bell's inequalities", *Phys. Rev. Lett.* 49, 1, 91-94 (1982).

[3] *J.S. Bell*, "On the Einstein Podolsky Rosen paradox", *Physics* 1, 3, 195-200 (1964).

[4] *Cramer J.G.* "Transactional Interpretation of Quantum Mechanics" // *Reviews of Modern Physics*. 1986, 58.– pp. 647-688.

[5] *Кузнецов С.И.* "Темпоральная интерпретация квантовой механики" // *Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое: Сборник трудов V Международной конференции.*— М.: КЦ “Новый Акрополь”, 2007.— С. 33-42.