

Аргумент Белла: Локальность или реализм? Время делать выбор

А. Хренников (Швеция)

Перевод М.Х. Шульмана (shulman@dol.ru)

arXiv:1108.0001v1 [quant-ph] 29 Jul 2011

Bell argument: Locality or Realism? Time to make the choice.

Andrei Khrennikov (Andrei.Khrennikov@lnu.se)

International Center for Mathematical Modelling in Physics and Cognitive Sciences
Linnaeus University, S-35195, Sweden

August 2, 2011

Обсуждается возможность решения дилеммы необъективность-нелокальность в свете экспериментальных проверок неравенства Белла для двух запутанных фотонов и сходного неравенства типа Белла для одиночного нейтрона. Вывод автора: на основе этих экспериментов можно заключить, что квантовая механика необъективна, т.е. значения физических наблюдаемых не могут быть сопоставлены системе до выполнения измерения. Предположение Белла о нелокальности должно быть отвергнуто как не имеющее экспериментального подтверждения.

Введение

Общепринятая интерпретация аргумента Белла состоит в том, что нарушение его неравенства требует отказа от локального реализма. Экспериментальные проверки [1]– [3] могут рассматриваться в качестве указания¹ на то, что локальный реализм противоречит экспериментальным данным и должен быть отвергнут. Однако концепция локального реализма более двусмысленна. Ее необходимо расчленить на два однозначных понятия – реализм и локальность (как было в самом начале [5]).

Реализм: Возможность сопоставить квантовой системе значения наблюдаемых еще до выполнения измерения.

Локальность: Отсутствие действия на расстоянии.

Следовательно, каждый (кто согласен считать эксперименты строгим указанием на необходимость отказа от локального реализма) должен сделать выбор между:

(NONL) Реализм, но нелокальность (оригинальная позиция Белла).

(NR) Отказ от реализма (необъективность) и локальность (оригинальная позиция Бора).

(NONL+NR) Нелокальность + необъективность.

¹ Обычно делается более сильное утверждение: некоторые считают, что это было “экспериментально доказано”... Однако с этим связаны определенные проблемы, см., например, [4] и приведенные там ссылки.

Последняя возможность (NONL+NR) кажется слишком сложной для реализации в природе. Разумеется, нельзя полностью исключить подобную экзотичность природы. Однако для решения всех проблем нет необходимости делать такое предположение, достаточно одной лишь нелокальности или необъективности. (NONL+NR)-интерпретация экспериментальных результатов определенно является не-минималистской и может быть отвергнута, например, в соответствии с принципом “лезвия Оккама”.

Следовательно, должен быть сделан выбор: только нелокальность или необъективность; только позиция Боме-Белла или позиция Борна-Гейзенберга-Паули.

Обычно считают, что современная экспериментальная ситуация не дает нам возможности сделать этот выбор. И данная точка зрения верна, если речь идет только об экспериментах типа ЭПР-Боме, в которых реализм и локальность смешаны.

Однако недавно в рамках нейтронной интерферометрии был выполнен вдохновляющий эксперимент [6]: он подтверждает тезис о том, что квантовая механика контекстуальна (contextual).

Но контекстуальность влечет необъективность! В контекстуальной ситуации нельзя приписывать значения физическим наблюдаемым до выполнения измерения.

Следовательно, эксперимент [6] может рассматриваться как аргумент в пользу необъективности. Этот эксперимент характеризует необъективность результатов измерения для одиночной частицы.

Теперь я выдвигаю следующее утверждение, которое представляется логически обоснованным. Если уже одиночная частица демонстрирует потерю объективности, то разумно предположить, что ситуация не может оказаться лучше для пары частиц. Следовательно, разумно допустить необъективность эксперимента ЭПР-Боме. Отсюда следует, что из двух альтернатив – NONL или NR – вторая является существенно более обоснованной, нежели первая.

Заключение

Недавние эксперименты в области основ квантовой механики могут рассматриваться в качестве свидетельства в пользу оригинальной позиции Белла – квантовые наблюдаемые являются необъективными, их значения не могут существовать до выполнения измерения. Предположение о нелокальности должно быть отвергнуто, поскольку нет прямых экспериментальных свидетельств нелокальности (подобных проверке необъективности, выполненной в [6]), и поскольку в эксперименте ЭПР-Боме оно не является необходимым – если предположить необъективность.

P.S.1 Заметим, что эксперименты с нейтронами характеризуются практически 100%-ной эффективностью. Следовательно, эксперимент Rauch et al. может считаться свободным от т.н. “ловушек”.

P.S.2 Оригинальная позиция Бора была сформирована в ходе анализа физических и философских следствий принципа неопределенности Гейзенберга. Однако оправдание необъективности квантовых наблюдаемых впоследствии сильно критиковали Моргенау (Morgenau[7]) и Бэллентайм (Ballentine[8]). Они правильно указывали, что принцип неопределенности Гейзенберга может быть строго представлен только в форме неравенства Шрёдингера-Робертсона для стандартных отклонений для двух несовместимых наблюдаемых. Однако

стандартные отклонения являются статистическими величинами, и каждое из них может быть вычислено независимо одно от другого, т.е. мы можем сначала выполнить серию измерений по определению координат и найти σ_x , а затем – независимо – измерения импульса, чтобы найти σ_p .

Таким образом, кажется невозможным оправдание оригинальной позиции Гейзенберга, согласно которой это неравенство влечет за собой необъективность. Следовательно, недавняя проверка контекстуальности [6] действительно приобретает решающее значение в обосновании позиции Бора.

Ссылки

- [1] A. Aspect, Three experimental tests of Bell inequalities by the measurement of polarization correlations between photons, PhD Thesis 2674(Orsay), 1983 (In French).
- [2] G. Weihs, An experiment to test Bells inequality under Einstein locality. PhD Thesis, University of Innsbruck, 1999 (In German).
- [3] G. Weihs, Th. Jennewein, Ch. Simon, H. Weinfurter, and A. Zeilinger, Phys. Rev. Lett. 81(23), 5039 (1998).
- [4] A. Khrennikov, Contextual approach to quantum formalism, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2009.
- [5] J. Bell, Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics. Cambridge Univ. Press, Cambridge (1987).
- [6] H. Bartosik, J. Klepp, C. Schmitzer, S. Sponar, A. Cabello, H. Rauch and Y. Hasegawa Phys. Rev. Lett. 103, 040403 (2009).
- [7] H. Margenau, The Nature of Physical Reality. McGraw-Hill, New York (1950).
- [8] L.E. Ballentine, Quantum Mechanics. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ (1989).