

## Безусловные квантовые корреляции не нарушают неравенства Белла

А. Хренников

Реферат подготовил М.Х. Шульман ([shulman@dol.ru](mailto:shulman@dol.ru), [www.timeorigin21.narod.ru](http://www.timeorigin21.narod.ru))

---

arXiv:1503.08016v1 [quant-ph] 27 Mar 2015

Unconditional quantum correlations do not violate Bell's inequality

Andrei Khrennikov

March 30, 2015

---

В данной статье автор утверждает, что квантовые корреляции наблюдаемых поляризации (или спина), используемые в аргументации Белла против локального реализма, должны интерпретироваться как *условные* квантовые корреляции. Учитывая дополнительные источники случайности в экспериментах типа эксперимента Белла, т.е. дополнительно к [основному] источнику случайности, автор вычислил (в рамках стандартного квантового формализма) *полные* квантовые корреляции. Основной тезис квантовой теории измерений (по фон Нейману) состоит в том, что полные корреляции могут быть существенно слабее, чем условные. Дополнительные источники случайности уменьшают корреляции. Можно выразиться по-другому: переход от безусловных корреляций к условным может существенно усилить корреляции. Это верно как для классической, так и для квантовой вероятности. Финальный вывод состоит в том, что классические условные корреляции не удовлетворяют неравенству Белла.

Таким образом, мы сталкиваемся со следующей дилеммой для условной вероятности: либо использовать условные квантовые вероятности, как это делал Белл и другие, либо полные квантовые корреляции. Однако в первом случае соответствующие классические условные корреляции с необходимостью также не будут удовлетворять неравенству Белла, а во втором случае полные квантовые корреляции удовлетворяют неравенству Белла. В любом случае мы получаем проблему ошибочной трактовки классических и квантовых корреляций. Представляется, что в целом структура аргументации Белла была основана на неприемлемом отождествлении условных квантовых корреляций с безусловными классическими корреляциями.

Автор отмечает, что аргументация Белла сыграла очень большую роль в “ренессансе” квантовой механики. Однако при этом указывается, что, размышляя о вероятностной структуре этой аргументации, автор быстро пришел к убеждению, что суть дела заключается в соотношении между условными и безусловными вероятностями; он ссылается на первое издание собственной монографии [3]. Экспериментальные вероятности типа Белла должны сравниваться с *условными классическими* вероятностями [4], для которых, однако, нельзя вывести неравенства Белла. Автор пытался прояснить данную проблему в большом числе публикаций, используя множество аргументов [5 – 9]. Теперь стало ясно, что главная проблема состояла в акценте на классическом вероятностном аналоге задачи. В частности, была развита очень общая теория контекстуальных вероятностей [5], где нарушается неравенство Белла, равно как и другие основные законы классической (Kolmogorov [4], 1933) теории

вероятностей, например, правило полной вероятности. Нарушение последнего отражает искажение чисто вероятностных понятий.

Решающим, с точки зрения автора статьи, является тот факт, что *выходные состояния генераторов случайных чисел* в ЭПР-опытах (эти генераторы используются в них для переключения каналов детектирования), также необходимо рассматривать как результаты измерения. Разумеется, если используются псевдо-случайные числа, то роль этих наблюдаемых становится менее заметной. Однако суть дела от этого, по мнению автора не меняется.

Последнее важное замечание автора таково. Можно ли доказать неравенство Белла для *условных классических корреляций*? Ответ отрицательный: используя условные корреляции, можно легко добиться нарушения неравенства Белла, см. [9].

## Ссылки

- [1] Bell J S 1964 On the Einstein Podolsky Rosen Paradox, *Physics* 1, 3, 195200
- [2] Bell J S 1987 *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics* (Cambridge: Cambridge Univ. Press)
- [3] A. Khrennikov, *Interpretations of Probability*. VSP Int. Sc. Publishers, Utrecht/Tokyo, 1999; De Gruyter, Berlin, 2009, second edition (completed).
- [4] Kolmogoroff A N 1933 *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung* (Berlin: Springer Verlag); English translation: Kolmogorov A N 1956 *Foundations of Theory of Probability* (New York: Chelsea Publishing Company)
- [5] A. Khrennikov, *Contextual approach to quantum formalism*, Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2009.
- [6] A. Khrennikov, Frequency analysis of the EPR-Bell argumentation. *Foundations of Physics*, 32, 1159-1174 (2002).
- [7] Khrennikov A 2008 Bell-Boole inequality: Nonlocality or probabilistic incompatibility of random variables? *Entropy* 10 19-32
- [8] Avis D, Fischer P, Hilbert A, and Khrennikov A 2009 Single, Complete, Probability Spaces Consistent With EPR-Bohm-Bell Experimental Data, *Foundations of Probability and Physics-5 vol 750* (Melville, NY: AIP) pp 294-301.
- [9] A. Khrennikov, CHSH Inequality: Quantum probabilities as classical conditional probabilities. *Found. Phys.* [link.springer.com/article/10.1007/s10701-014-9851-8](http://link.springer.com/article/10.1007/s10701-014-9851-8) (2015)
- [10] Von Neumann J ]1932 *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik* (Berlin-Heidelberg-New York: Springer). English translation: 1955 *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics* (Princeton: Princeton Univ. Press)
- [11] Aspect A 1983 Three experimental tests of Bell inequalities by the measurement of polarization correlations between photons (Orsay)
- [12] Aspect A Bell's Theorem: The Naive View of an Experimentalist. arXiv:quant-ph/0402001.
- [13] Accardi L 1970 The probabilistic roots of the quantum mechanical paradoxes. In: Diner S, Fargue D, Lochak G and Selleri F (eds) *The Wave{Particle Dualism. A Tribute to Louis de Broglie on his 90th Birthday*, pp. 47{55 (Dordrecht: D. Reidel Publ. Company).
- [14] Accardi L 2005 Some loopholes to save quantum nonlocality. *Foundations of Probability and Physics-3 vol 750* (Melville, NY: AIP) pp. 1-20.
- [15] K. Hess, H. De Raedt, and K. Michielsen, Hidden assumptions in the derivation of the Theorem of Bell. *Phys. Scr.* 2012, 014002 (2012).
- [16] K. De Raedt, K. Keimpema, H. De Raedt, K. Michielsen, and S. Miyashita, A local realist model for correlations of the singlet state, *Euro. Phys. J. B* 53, 139 142 (2006).

- [17] H. De Raedt, F. Jin, and K. Michielsen, Data analysis of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm laboratory experiments, *The Nature of Light: What are Photons? V*, edited by C. Roychoudhuri, H. De Raedt, A.F. Kracklauer, *Proc. of SPIE Vol. 8832*, 88321N-88321N-11 (2013).
- [18] M Kupczynski, Bertrand's paradox and Bell's inequalities. *Phys.Lett.A* 121 , 205-207(1987)
- [19] M Kupczynski. Entanglement and Bell inequalities. *J.Russ.Laser Research* 26, 514-23(2005)
- [20] K. Hess, *Einstein Was Right!* Pan Stanford, Singapore (2014).
- [21] Griffiths R B 2002 *Consistent quantum theory* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press)