

**Шульман Михаил Хананович**

Пенсионер

e-mail: [shulman@dol.ru](mailto:shulman@dol.ru)

**Белинский Александр Витальевич**

Ведущий научный сотрудник,  
профессор физического факультета МГУ

д.физ.-мат.н.

e-mail: [belinsky@inbox.ru](mailto:belinsky@inbox.ru)

## **Неравенства Белла, Леггетта и квантовая суперпозиция Inequalities of Bell and Leggett, and quantum superposition**

The inequalities of Bell and Leggett were deduced from two assumptions: (a) existence of locality, realistic observable values before a measurement on them, and (b) i.e., some mutual inference between two spatially separated measurement devices that detect quantum particles.

These inequalities violation may be due to incorrectness one of the conditions or both of them. We have to invent new experiments which could separate non-locality and classical reality. This fact recognition was discussed in [1]; in [2] a concrete experiment was proposed where a priori field photon number before their detection was be shown to be impossible. The hypothesis of non-locality was not used explicitly in [2]; meanwhile, one could invent some absurd theory in which either photons jump from one detection channel into another by passing through an opaque wall or photo-detectors were linked using some spooky unknown way.

Further developments in this frame were realized by Leggett and Garg [3] who proposed a temporal inequality that does not contain a spatially separated measurement devices, and where we haven't to use the locality postulate. Additionally, Leggett [4] proposed the inequality for spatially separated objects whose violation could exclude one type of non-locality inference that could be supported by a non-local coupling between measurement devices, i.e. a result dependence on, say, their mutual orientation; the such experiment was performed in [5]. However, these works cannot exclude a stronger non-locality, namely measurement outcomes of one detector dependence on measurement outcomes of another one. Meanwhile, the existing theoretical and experimental data, as we believe, allow us surely establish the absence of definite measured values before their detection, i.e., real existence a quantum superposition (when the Schrödinger's cat is simultaneously dead and alive).

Неравенства Белла выведены исходя из двух посылок: (а) существования конкретных значений измеряемых величин до момента измерения, и локальность (б) – отсутствие какого-либо взаимовлияния двух пространственно разделенных измерительных устройств, осуществляющих регистрацию квантовых частиц.

Нарушение этих неравенств свидетельствует о неадекватности или одного из этих условий, или обоих сразу. Попытки выяснить истинную причину этого нарушения лежат в области изобретения новых экспериментов, которые бы разделили друг от друга нелокальность и классическую реальность. Осознание этого факта верифицировалось в [1], а предложение конкретного эксперимента – в [2], где доказано отсутствие априорного значения определенного числа фотонов в поле до момента их регистрации. В [2] в явном виде не использовалась гипотеза локальности, хотя, строго говоря, и там можно придумать некую абсурдную нелокальную теорию, в которой либо фотоны бы перескакивали из одного канала регистрации в другой, проходя сквозь непрозрачные стенки, либо фоторегистраторы оказались бы связаны таинственной связью неизвестной природы.

Дальнейшие усилия в этом направлении связаны с именами Леггетта и Гарга [3], предложившими темпоральное неравенство, в котором нет пространственно разделенных

измерителей и, соответственно, нет необходимости привлечения постулата о локальности; кроме того, в работе [4] было предложено неравенство для пространственно разделенных объектов, нарушением которого можно исключить влияние одного из видов нелокальности: нелокальной связи измерительных устройств, т.е. зависимости результата измерения от, скажем, их взаимной ориентации, а в [5] осуществлен эксперимент. Однако, исключить нелокальность в более сильном ее проявлении, а именно, зависимости результатов измерений одного регистратора от результатов измерений другого, эти работы не в состоянии. Тем не менее, имеющиеся теоретические и экспериментальные данные, как представляется, позволяют надежно констатировать непреложный факт отсутствия определенных значений измеряемых величин до момента их регистрации, т.е. реальное существование квантовой суперпозиции, когда, образно говоря, шрёдингеровский кот и ни жив, и ни мертв.

[1] А.В. Белинский, Д.Н. Клышко. Интерференция света и теорема Белла. УФН, т. 163, № 8 (1993) с. 1 - 45. [2] A.V. Belinsky, D.N. Klyshko. Interference of light of the third and fourth orders and the notion of a photon. В журнале Laser Physics, издательство Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation), том 6, № 6, с. 1082-1091 (1996). [3] A.J. Leggett and A. Garg. Quantum Mechanics versus Macroscopic Realism: Is the Flux There When Nobody Looks? Phys. Rev. Lett. 54, 857-860 (1985). [4] A.J. Leggett. Nonlocal Hidden-Variable Theories and Quantum Mechanics: An Incompatibility Theorem. Found. of Phys. 33, 1469-1493 (2003). [5] Gröblacher et al. An experimental test of non-local realism. Nature 446, 871 (2007).