

Конфликтует ли детерминизм с реализмом “волна-частица”?

Предложение для экспериментальной проверки

Р. Ионисиу, Т. Дженневейн, Р. Манн, Д. Терно (Канада, Австралия)

Реферат подготовил М.Х. Шульман (shulman@dol.ru, www.timeorigin21.narod.ru)

arXiv:1211.0979v1 [quant-ph] 5 Nov 2012

Does Determinism conflict with Wave-Particle Realism? Proposal for an Experimental Test

Radu Ionicioiu,¹ Thomas Jennewein,² Robert B. Mann,^{3,4} and Daniel R. Terno⁵

¹*Institute for Quantum Computing, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada*

²*Institute for Quantum Computing and Department of Physics and Astronomy, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada*

³*Department of Physics and Astronomy, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada*

⁴*Perimeter Institute for Theoretical Physics, Waterloo, Ontario, Canada*

⁵*Department of Physics & Astronomy, Macquarie University, Sydney, NSW, Australia*

Дуализм “волна-частица”, суперпозиция и запутывание принадлежат к наиболее неочевидным аспектам квантовой теории [1, 2]. Их столкновение с классической интуицией привело к созданию теорий со скрытыми параметрами, призванных устранить или объяснить эти “странные” квантовые свойства, а также к развитию квантовых технологий [2–4]. Эти технологии открывают путь к экспериментам с квантово-управляемыми устройствами [5, 6], обеспечивающими, например, свободу упорядочения во времени при управлении, детектирование и модификацию [6–8] принципа дополнительности [9]. В данной публикации изучается связанный с запутыванием эксперимент с отложенным выбором [10, 11] и показывается, что в отсутствие сверхсветовых коммуникаций реализм (определяемый как свойство фотонов быть либо частицей, либо волной, но не тем и другим одновременно) несовместим с детерминизмом, даже если теория со скрытыми параметрами, удовлетворяющая одному из этих свойств, воспроизводит квантовые предсказания. Выполненный анализ выявляет новое неожиданное свойство: классически привлекательные требования *реализма* (фотоны либо частицы, либо волны) и *детерминизма* (знание скрытых параметров определяет результаты всех тестов) несовместимы, даже если настройки измерительных устройств позволяют влиять на скрытые параметры. Приведенный анализ не использует неравенства и не критичен по отношению к неидеальности эксперимента. Предлагается схема эксперимента, который может быть использован для проверки приведенных результатов.

Ссылки:

- [1] Wheeler, J. A. & Zurek, W. H. (eds). *Quantum Theory and Measurement* (Princeton Univ. Press, 1984).
- [2] Peres, A. *Quantum Theory: Concepts and Methods* (Kluwer, 1995).
- [3] Nielsen, M. A. & Chuang, I. L. *Quantum Computation and Quantum Information* (Cambridge Univ. Press, 2000).
- [4] Bruß, D. & Leuchs, G. *Lectures on Quantum Information* (Wiley-VCH, 2007).
- [5] Marshall, W., Simon, C., Penrose, R., & Bouwmeester, D. Towards Quantum Superpositions of a Mirror. *Phys. Rev. Lett.* **91**, 130401 (2003).

- [6] Ionicioiu, R. & Terno, D. R. Proposal for a Quantum Delayed-Choice Experiment. *Phys. Rev. Lett.* **107**, 230406 (2011).
- [7] Tang, J.-S., Li, Y.-L., Li, C.-F. & Guo, G.-C. Revisiting Bohr's Principle of Complementarity Using a Quantum Device. Preprint at <http://arxiv.org/abs/1204.5304> (2012).
- [8] Qureshi, T. Modified Two-Slit Experiments and Complementarity. Preprint at <http://arxiv.org/abs/1205.2207> (2012).
- [9] Bohr, N. Discussion with Einstein on epistemological problems in atomic physics, in Schlipp, P. A. (ed), *Albert Einstein – Philosopher-Scientist* (The Library of Living Philosophers, 1949), pp. 200-241; reprinted in [1], pp. 9–49.
- [10] Ionicioiu, R., Jennewein, T. & Terno, D. R. *unpublished* (2011).
- [11] Kaiser, F. *et al.* Entanglement-enabled delayed choice experiment. *Science* **338**, 637 (2012).
- [12] Wheeler, J. A. Law without Law, in [1], pp. 182–213.
- [13] Leggett, A. J. Delayed-Choice Experiments, in Greenberger, D., Hentschel, K. & Weinert, F. (eds), *Compendium of Quantum Physics* (Springer 2009), pp. 161–166.
- [14] Jacques, V. *et al.* Experimental Realization of Wheeler's Delayed-Choice Gedanken Experiment. *Science* **315**, 966 (2007).
- [15] Roy, S., Shukla, A. & Mahesh, T. S. NMR Implementation of a Quantum Delayed-Choice Experiment. *Phys. Rev. A* **85**, 022109 (2012).
- [16] Auccaise, R. *et al.* Experimental Analysis of the Quantum Complementarity Principle. *Phys. Rev. A* **85**, 032121 (2012).
- [17] Tang, J.-S. *et al.* Realization of quantum Wheeler's delayed choice experiment. *Nature Photonics* **6**, 600 (2012).
- [18] Peruzzo, A. *et al.* A Quantum Delayed Choice Experiment. *Science* **338**, 634 (2012).
- [19] Brandenburger, A. & Yanofsky, N. A Classification of Hidden-Variable Properties. *J. Phys. A* **41**, 425302 (2008).
- [20] Bell, J. S. *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics* (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1987).
- [21] Langford, N. K. *et al.* Demonstration of a Simple Entangling Optical Gate and Its Use in Bell-State Analysis. *Phys. Rev. Lett.* **95**, 210504 (2005).
- [22] Kiesel, N. *et al.* Linear Optics Controlled-Phase Gate Made Simple. *Phys. Rev. Lett.* **95**, 210505 (2005).
- [23] Kaltenbaek, R. *et al.* Experimental Interference of Independent Photons. *Phys. Rev. Lett.* **96**, 240502 (2006).
- [24] Kaltenbaek, R., Prevedel, R., Aspelmeyer, M. & Zeilinger, A. High-fidelity Entanglement Swapping with Fully Independent Sources. *Phys. Rev. A* **79**, 040302(R) (2009).
- [25] Jennewein, T., Weihs, G., Weinfurter, H. & Zeilinger, A. A fast and compact quantum random number generator. *Rev. Sci. Instrum.*, **71**, 1675–1680 (2000).
- [26] Bell, J.S. On the Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics. *Rev. Mod. Phys.* **38**, 447 (1966).