

Квантовые эксперименты с человеческим глазом в качестве детектора фотонов, клонированных с помощью вынужденного излучения

Секацкий и др. (Швейцария, Великобритания)

Реферат подготовил М.Х.Шульман (shulman@dol.ru)

arXiv:0902.2896v1 [quant-ph] 17 Feb 2009

Quantum experiments with human eyes as detectors based on cloning via stimulated emission

Pavel Sekatski¹, Nicolas Brunner^{1,2}, Cyril Branciard¹, Nicolas Gisin¹, and Christoph Simon¹

¹*Group of Applied Physics, University of Geneva, Switzerland*

²*H.H. Wills Physics Laboratory, University of Bristol, United Kingdom*

(Dated: February 18, 2009)

Теоретически показано, что мультифотонные состояния, полученные при клонировании однофотонных кубитов в ходе вынужденной эмиссии, могут оказаться высоко эффективно и надежно различимыми для невооруженного человеческого глаза. Фокусируясь на “микро-макро” ситуации, реализованной в недавнем эксперименте [7], где один фотон исходной запутанной пары детектировался непосредственно, в то время как другой подвергался сильному усилению, показывается, что выполнение Белл-эксперимента с человеческим глазом в качестве детектора для фотона, подвергнувшегося усилению, оказывается вполне реальным, даже с учетом потерь. Высокая устойчивость этих результатов при наличии фотонных потерь приводит к кажущемуся парадоксу, который мы решаем замечанием, что нарушение [неравенств] Белла доказывает существование запутывания еще до процесса усиления. Мы, однако, также доказываем, что это – истинное микромакро-запутывание даже при высоких потерях.

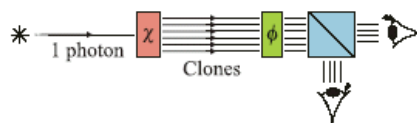


Рисунок 1: Однофотонный кубит усиливается в результате клонирования при вынужденном излучении в нелинейном кристалле (χ). Клоны расщепляются на две ортогонально поляризованные моды, и каждая мода детектируется невооруженным человеческим глазом. Базис поляризации может варьироваться с помощью волновой пластинки (ϕ).

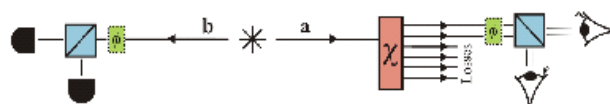


Рисунок 3: Мы рассматриваем сценарий микро-макро запутывания из работ [7, 13], но с человеческим глазом в качестве детектора для макросистемы.

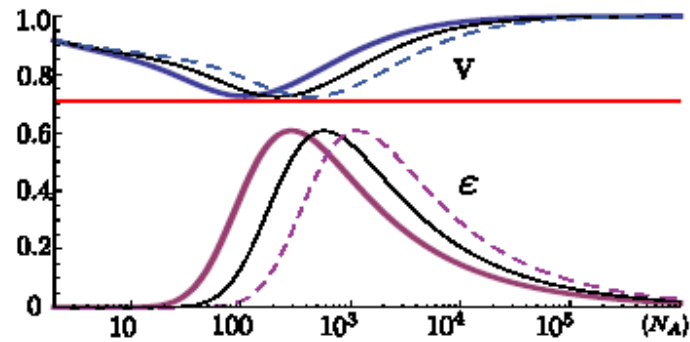


Рисунок 2: Эффективность ε и видность V при детектировании человеческим глазом усиленных однофотонных кубитовм как функция среднего числа фотонов после усиления $\langle N_A \rangle$ (толстые линии).

Ссылки

- [1] N. Brunner, C. Branciard, and N. Gisin, Phys. Rev. A **78**, 052110 (2008).
- [2] C. Simon, G. Weihs, and A. Zeilinger, Phys. Rev. Lett. **84**, 2993 (2000).
- [3] F. De Martini, V. Mussi, and F. Bovino, Opt. Comm. **179**, 581 (2000).
- [4] A. Lamas-Linares, C. Simon, J.C. Howell, and D. Bouwmeester, Science **296**, 712 (2002).
- [5] S. Fasel *et al.*, Phys. Rev. Lett. **89**, 107901 (2002).
- [6] E. Nagali, T. De Angelis, F. Sciarrino, and F. De Martini, Phys. Rev. A **76**, 042126 (2007).
- [7] F. De Martini, F. Sciarrino, and C. Vitelli, Phys. Rev. Lett. **100**, 253601 (2008).
- [8] S. Hecht, S. Shlaer, and M. Pirenne, J. Gen. Physiol. **25**, 819 (1942).
- [9] F. Rieke and D.A. Baylor, Rev. Mod. Phys. **70**, 1027 (1998).
- [10] In fact, one can show that the achievable visibility of the correlations for this approach is only of order 0.03, whereas a visibility of $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.71$ is required for violating the CHSH Bell inequality. This will be shown in more detail in Ref. [19].
- [11] V. Bužek and M. Hillery, Phys. Rev. A **54**, 1844 (1996); D. Bruß *et al.*, Phys. Rev. A **57**, 2368 (1998).
- [12] D. Bruß, M. Cinchetti, G. M. D'Ariano, and C. Macchiavello, Phys. Rev. A **62**, 012302 (2000).
- [13] F. De Martini, F. Sciarrino, and C. Vitelli, arXiv:0804.0341 (2008).
- [14] Note that the eyes should not belong to the same person, since a single observer is usually not aware which of his eyes sees a particular light signal.

- [15] The variances are $6\sinh^4 g + 4\sinh^2 g$ for $|A_1\rangle$ and $2\sinh^4 g + 2\sinh^2 g$ for $|A_0\rangle$.
- [16] M.J. Collett, Phys. Rev. A **38**, 2233 (1988); M.J. Collett, private communication.
- [17] For example, the following separable $N + 1$ photon state achieves a violation of the Bell inequality with post-selection: $\rho = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} d\phi U(\phi) |N, 0\rangle |0, 1\rangle \langle N, 0| \langle 0, 1| U(\phi)^\dagger$, where $U(\phi)$ is a rotation of the whole system around the z axis by an angle ϕ . The same model also achieves high visibility for the orthogonality filter measurements of Refs. [7, 13]. These points will be discussed in more detail in Ref. [19].
- [18] C. Simon and D. Bouwmeester, Phys. Rev. Lett. **91**, 053601 (2003).
- [19] P. Sekatski *et al.*, in preparation.

- [1] N. Brunner, C. Branciard, and N. Gisin, Phys. Rev. A **78**, 052110 (2008).
- [2] C. Simon, G. Weihs, and A. Zeilinger, Phys. Rev. Lett. **84**, 2993 (2000).
- [3] F. De Martini, V. Mussi, and F. Bovino, Opt. Comm. **179**, 581 (2000).
- [4] A. Lamas-Linares, C. Simon, J.C. Howell, and D. Bouwmeester, Science **296**, 712 (2002).
- [5] S. Fasel *et al.*, Phys. Rev. Lett. **89**, 107901 (2002).

- [6] E. Nagali, T. De Angelis, F. Sciarrino, and F. De Martini, Phys. Rev. A 76, 042126 (2007).
- [7] F. De Martini, F. Sciarrino, and C. Vitelli, Phys. Rev. Lett. 100, 253601 (2008).
- [8] S. Hecht, S. Schlaer, and M. Pirenne, J. Gen. Physiol. 25, 819 (1942).
- [9] F. Rieke and D.A. Baylor, Rev. Mod. Phys. 70, 1027 (1998).
- [10] In fact, one can show that the achievable visibility of the correlations for this approach is only of order 0.03, whereas a visibility of $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.71$ is required for violating the CHSH Bell inequality. This will be shown in more detail in Ref. [19].
- [11] V. Bužek and M. Hillery, Phys. Rev. A 54, 1844 (1996); D. Bruß et al., Phys. Rev. A 57, 2368 (1998).
- [12] D. Bruß, M. Cinchetti, G. M. D'Ariano, and C. Macchiavello, Phys. Rev. A 62, 012302 (2000).
- [13] F. De Martini, F. Sciarrino, and C. Vitelli, arXiv:0804.0341 (2008).
- [14] Note that the eyes should not belong to the same person, since a single observer is usually not aware which of his eyes sees a particular light signal.
- [15] The variances are $6 \sinh^4 g + 4 \sinh^2 g$ for $|A1\rangle$ and $2 \sinh^4 g + 2 \sinh^2 g$ for $|A0\rangle$.
- [16] M.J. Collett, Phys. Rev. A 38, 2233 (1988); M.J. Collett, private communication.
- [17] For example, the following separable $N + 1$ photon state achieves a violation of the Bell inequality with post-selection: $\alpha = 1$
- $$2 \alpha \sum_{i,j} U_{ij} |N, 0\rangle |0, 1\rangle |hN, 0\rangle |h0, 1\rangle |U(\alpha)\rangle^\dagger,$$
- where $U(\alpha)$ is a rotation of the whole system around the z axis by an angle α . The same model also achieves high visibility for the orthogonality filter measurements of Refs. [7, 13]. These points will be discussed in more detail in Ref. [19].
- [18] C. Simon and D. Bouwmeester, Phys. Rev. Lett. 91, 053601 (2003).
- [19] P. Sekatski et al., in preparation.