

Универсальная декогеренция, обусловленная гравитационным расширением времени

И. Пиковски и др. (Австрия)

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

arXiv:1311.1095v1 [quant-ph] 5 Nov 2013

Universal decoherence due to gravitational time dilation

Igor Pikovski^{1,2} (igor.pikovski@univie.ac.at), Magdalena Zych^{1,2}, Fabio Costa^{1,2}, and Časlav Brukner^{1,2}

¹University of Vienna, Faculty of Physics, Vienna Center for Quantum Science and Technology (VCQ), Boltzmanngasse 5, A-1090 Vienna, Austria

²Institute for Quantum Optics and Quantum Information (IQOQI), Austrian Academy of Sciences, Boltzmanngasse 3, Vienna A-1090, Austria

Явления, влияющие на квантовую теорию в искривленном пространстве-времени, такие, как излучение Хокинга [1], обычно предполагаются существенными при экстремальных физических условиях: при высоких энергиях и в сильных гравитационных полях. В данной публикации рассматривается квантовая механика низких энергий в присутствии слабого гравитационного расширения времени и показано, что последнее приводит к универсальной декогеренции квантовых суперпозиций. Расширение времени индуцирует универсальную связь между внутренними степенями свободы и центром масс составной частицы, и показывается, что результирующее запутывание вызывает декогеренцию положения частицы. Определяется временной масштаб декогеренции и устанавливается, что уже слабое расширение времени на Земле оказывается достаточным для декогеренции микромасштабных объектов. Нет необходимости во внешнем окружении, так что даже полностью изолированные составные системы будут декогерировать в искривленном пространстве-времени. В отличие от моделей гравитационного коллапса [2, 3], не предполагается модификации квантовой теории. Следовательно, общая теория относительности может быть учтена при переходе к классическим ситуациям, и этот эффект может быть в принципе проверен в будущих волновых экспериментах с большими молекулами [4, 5] или замороженными микросферами [6, 7].

Ссылки

- [1] Hawking, S. Black hole explosions. Nature 248, 30 (1974)
- [2] Penrose, R. On Gravity's role in Quantum State Reduction. Gen. Relat. Gravit. 28, 581-600 (1996).
- [3] Di_osi, L. Models for universal reduction of macroscopic quantum uctuations. Phys. Rev. A 40, 1165-1174 (1989).
- [4] Arndt, M. et al. Waveparticle duality of C60 molecules. Nature 401, 680-682 (1999).
- [5] Eibenberger, S., Gerlich, S., Arndt, M., Mayor, M. and T uxen, J. Matter-wave interference with particles selected from a molecular library with masses exceeding 10000 amu. Phys. Chem. Chem. Phys. 15, 14696 (2013).

- [6] Kiesel, N., et al. Cavity cooling of an optically levitated submicron particle. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 110, 14180-14185 (2013).
- [7] Asenbaum, P., Kuhn, S., Nimmrichter, S., Sezer, U. and Arndt, M. Cavity cooling of free Si nanospheres in high vacuum. *Nature Commun.* In print. Pre-print available at <http://arxiv.org/abs/1306.4617> (2013).
- [8] Colella, R., Overhauser, A. W. and Werner, S. A. Observation of Gravitationally Induced Quantum Interference. *Phys. Rev. Lett.* 34, 1472-1474 (1975).
- [9] Chu, S. Laser manipulation of atoms and particles. *Science* 253, 861-866 (1991).
- [10] Giulini, D. et al. Decoherence and the appearance of a classical world in quantum theory. Springer, Berlin (1996).
- [11] Zurek, W. H. Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical. *Rev. Mod. Phys.* 75, 715-775 (2003).
- [12] Caldeira, A. O. and Leggett, A. J. Path integral approach to quantum Brownian motion. *Physica A* 121, 587-616 (1983).
- [13] Joos, E. and Zeh, H. D. The emergence of classical properties through interaction with the environment. *Z. Phys. B* 59, 223-243 (1985).
- [14] Anastopoulos, C. Quantum theory of nonrelativistic particles interacting with gravity. *Phys. Rev. D* 54, 1600-1605 (1985).
- [15] Lamine, B. and Hervé, R. and Lambrecht, A. and Reynaud, S. Ultimate Decoherence Border for Matter-Wave Interferometry. *Phys. Rev. Lett.* 96, 050405 (2006).
- [16] Blencowe, M. P. Effective Field Theory Approach to Gravitationally Induced Decoherence. *Phys. Rev. Lett.* 111, 021302 (2013).
- [17] Einstein, A. Über den Einu_ der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes. *Ann. Physik* 340, 898-908 (1911).
- [18] Zych, M., Costa, F., Piovski, I. and Brukner, _C. Quantum interferometric visibility as a witness of general relativistic proper time. *Nature Communications* 2, 505 (2011).
- [19] Breuer, H.-P. and Petruccione, F. *The Theory of Open Quantum Systems*. Oxford University Press, Oxford (2002).
- [20] Einstein, A. and Infeld, L. *The evolution of physics*. Simon and Schuster, New York (1938).
- [21] Karolyhazy, F. Gravitation and quantum mechanics of macroscopic objects. *Nuovo Cimento* 42, 390-402 (1966).
- [22] Zych, M., Costa, F., Piovski, I., Ralph, T. C. and Brukner, _C. General relativistic e_ects in quantum interference of photons. *Class. Quantum Grav.* 29, 224010 (2012).
- [23] Marshall, W., Simon, C., Penrose, R. and Bouwmeester, D. Towards quantum superpositions of a mirror. *Phys. Rev. Lett.* 91, 130401 (2003).
- [24] Kleckner, D., Piovski, I. et al. Creating and verifying a quantum superposition in a micro-optomechanical system. *New J. Phys.* 10, 095020 (2009).
- [25] Piovski, I. *On Quantum Superpositions in an Optomechanical System*. Diploma Thesis at Freie Universit at Berlin, Berlin (2009).
- [26] Lamb, J. W. Miscellaneous data on materials for millimeter and submillimetre optics. *Int. J. Infrared Millimeter Waves* 17, 1997-2034 (1996).
- [27] Nimmrichter, S., Hornberger, K., Haslinger, P. and Arndt, M. Testing spontaneous localization theories with matter-wave interferometry. *Phys. Rev. A* 83, 043621 (2011).
- [28] Romero-Isart, O. et al. Large Quantum Superpositions and Interference of Massive Nanometer-Sized Objects. *Phys. Rev. Lett.* 107, 020405 (2011).
- [29] Bassi, A., Lochan, K., Satin, S., Singh, T. P. and Ulbricht, H. Models of wave-function collapse, underlying theories, and experimental tests. *Rev. Mod. Phys.* 85, 471-527 (2013).
- [30] Kiefer, C. and Singh, T. P. Quantum gravitational corrections to the functional Schr odinger equation. *Phys. Rev. D* 44, 1067 (1991).

[31] L. Ammerzahl, C. A Hamilton operator for quantum optics in gravitational fields. Phys.Lett. A 203, 12-17 (1996).