

Информационный парадокс для черных дыр

С. Хокинг (Великобритания)

Сокращенный перевод М.Х. Шульмана (shulman@dol.ru, www.timeorigin21.narod.ru)

arXiv:1509.01147v1 [hep-th] 3 Sep 2015

The Information Paradox for Black Holes.

S. W. Hawking,

DAMTP, Centre for Mathematical Sciences, University of Cambridge,
Wilberforce Road, Cambridge, CB3 0WA UK.

Речь, произнесенная 28 августа 2015 года на конференции “Излучение Хокинга”
(KTH Royal Institute of Technology, Stockholm).

Сорок лет назад автор написал статью “Нарушение предсказуемости при гравитационном коллапсе (Breakdown of Predictability in Gravitational Collapse [1]”, в которой объявил, что должна быть потеря предсказуемости финального состояния, если черная дыра полностью испарится. Это обусловлено тем, что нельзя измерить квантовое состояние того, что попало в черную дыру. Потеря информации должна означать, что исходящее излучение находится в смешанном состоянии, и что S-матрица не унитарна.

С момента публикации этой статьи ADS/CFT – соответствие показало, что потери информации нет. Это и есть информационный парадокс: как информация о квантовом состоянии упавших [в черную дыру] частиц возрождается в выходящем излучении? За последние сорок лет это оставалось загадкой для теоретической физики. Несмотря на большое число статей (см. список в [2, 3]), не было найдено удовлетворительного решения. Но сейчас автор предлагает решение, согласно которому информация сохраняется не внутри черной дыры (как можно было бы ожидать), но на ее границе – на горизонте событий. Это разновидность голографии.

Такое предположение основывается на концепции супертрансляций (supertranslations), предложенной в 1962 году Bondi, Metzner Sachs[4, 5] для описания асимптотических изометрий асимптотически плоского пространства-времени в присутствии гравитационного излучения. <...> Слушая недавно лекцию Strominger’a из этой группы [6], автор пришел к убеждению, что горизонты стационарной черной дыры также обладают супертрансляциями. Генераторы нулевых геодезических горизонта не должны обладать в прошлом общей конечной точкой, и нет канонического поперечного сечения (cross section) горизонта. Тангенциальный вектор l к горизонту нормируется так, чтобы он был согласован с векторами Киллинга по времени трансляции и повороту на горизонте.

В классическом случае черная дыра не зависит от своей прошлой истории. Автор делает предположение, что это также справедливо и в квантовой области. Как тогда черная дыра может излучать информацию об упавших в нее частицах? Ответ, который предлагает автор, как было объяснено выше, состоит в том, что информация хранится в супертрансляции, ассоциированной со сдвигом горизонта, обусловленного падающими частицами.

Супертрансляции образуют голограмму падающих частиц. Изменяющиеся сдвиги вдоль каждого генератора горизонта оставляют отпечаток на исходящих частицах хаотическим, но детерминированным образом. Таким образом, нет потери информации. Заметим, что хотя обсуждение в этой статье фокусируется на асимптотически плоском случае, это предложение также работает для черных дыр с произвольным фоном, т.е. в присутствии ненулевой космологической постоянной.

Недавно Полчински использовал приближение ударной волны для вычисления сдвига на генераторе горизонта, обусловленного падающим волновым пакетом [7]. Даже если вычисление потребует некоторой коррекции, это показывает в принципе, что падающие частицы определяют супертрансляцию на горизонте черной дыры. Это, в свою очередь, будет определять меняющиеся задержки в излучении волновых пакетов. Информация относительно падающих частиц возвращается, но в сильно деформированном, хаотическом и бесполезном виде. Это разрешает информационный парадокс. Для всех практических задач, однако, эта информация утрачивается. <...>

Полное описание представленной здесь концепции появится в будущей публикации, совместной с M.J. Perry и A. Strominger [10].

Ссылки

- [1] S. Hawking, "Breakdown of Predictability in Gravitational Collapse", Phys. Rev. D 14 (1976) 2460.
- [2] A. Almheiri, D. Marolf, J. Polchinski, J. Sully, "Black Holes: Complementarity or Firewalls?", JHEP 1302 (2013) 062, [[arXiv:1207.3123 \[hep-th\]](#)].
- [3] A. Almheiri, D. Marolf, J. Polchinski, D. Stanford, J. Sully, "An Apologia for Firewalls", JHEP 1309 (2013) 018, [[arXiv:1304.6483 \[hep-th\]](#)].
- [4] H. Bondi, M. G. van der Burg, A. W. Metzner, "Gravitational Waves in General Relativity. 7. Waves from Axi-symmetric Isolated Systems", Proc. Roy. Soc. Lond. A 269 (1962) 21.
- [5] R. K. Sachs, "Gravitational Waves in General Relativity. 8. Waves in Asymptotically Flat Space-time", Proc. Roy. Soc. Lond. A 270 (1962) 103.
- [6] A. Strominger and A. Zhiboedov, "Gravitational Memory, BMS Supertranslations and Soft Theorems", [[arXiv:1411.5745 \[hep-th\]](#)].
- [7] J. Polchinski, "Chaos in the Black Hole S-matrix", [[arXiv:1505.08108 \[hep-th\]](#)].
- [8] G. 't Hooft, "Black Holes, Hawking Radiation, and the Information Paradox", Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 43 (1995) 1.
- [9] G. 't Hooft, "The Scattering Matrix Approach for the Quantum Black Hole", Int. J. Mod. Phys. A11 (1996) 4623, [[arXiv:9607022 \[gr-qc\]](#)].
- [10] S. W. Hawking, M. J. Perry and A. Strominger, in preparation.