

Поиск испаряющихся первичных черных дыр на установках ИЯИ РАН

П.А. Климай¹, Э.В. Бугаев^{1,2}

¹Институт ядерных исследований РАН, ²Московский физико-технический институт

(государственный университет)

pklimai@gmail.com

Вопрос о рождении в ранней Вселенной первичных черных дыр (ПЧД) на сегодняшний день является открытым. Легкие ПЧД с начальной массой менее 5×10^{14} г. должны были полностью испариться благодаря процессу Хокинга. Более тяжелые являются кандидатом на роль темной материи во Вселенной.

Обнаружение ПЧД на последней стадии испарения является трудной экспериментальной задачей. Поиски высокоэнергичного гамма-излучения от таких ПЧД проводились ранее на разных установках, в том числе в ИЯИ РАН [1, 2]. Анализ результатов таких экспериментов делается с учетом предполагаемого спектра образующихся гамма-квантов и временных параметров вспышки.

В работах [3, 4] было показано, что, наряду с гамма-квантами, электронами и нейтрино, при испарении чёрной дыры в межзвёздном (или межпланетном) пространстве возникает достаточно мощное излучение в радиочастотном и оптическом диапазонах. Такое излучение образуется при взаимодействии ультррелятивистских электронов и позитронов (имеющих гамма-фактор порядка $10^5 - 10^7$) с межзвёздным магнитным полем. Это возможно благодаря тому, что концентрация релятивистских частиц в окрестности испаряющейся чёрной дыры, ближе к концу её испарения, очень велика.

Данный эффект будет усиливаться в случае, если в природе имеются дополнительные измерения. Тогда черные дыры могут существовать в различных фазовых состояниях, и между различными фазами возможны переходы [5]. В простейшем случае одного дополнительного измерения возможны две фазы: "чёрная струна" и 5-мерная черная дыра. При топологическом фазовом переходе от фазы черной струны к фазе 5-мерной черной дыры выделяется значительное количество энергии, что эквивалентно импульсному (т.е., кратковременному) увеличению интенсивности излучения Хокинга [6].

Оценки показывают, что если подобный фазовый переход происходит при температуре Хокинга около 10 ТэВ, то кроме высокоэнергичных фотонов образуется

короткий и мощным оптический сигнал, который возможно наблюдать с расстояний порядка нескольких парсек.

Поиски таких двухстадийных событий будут проводиться в комбинированном эксперименте, использующем детекторы гамма-квантов и детекторы оптического или инфракрасного излучения. Поскольку сигнал растянут во времени, нацеливание узконаправленного детектора (телескопа) можно успевать произвести. Обнаружение сигнала докажет фундаментальный факт существования первичных черных дыр и, возможно, позволит с большей определенностью предсказать механизм их возникновения в ранней Вселенной (не говоря уже о ценной информации для теорий гравитации). В противном случае можно получить ряд важных ограничений на параметры гравитационных моделей (в особенности тех, в которых имеются дополнительные измерения) и, естественно, на процессы в ранней Вселенной. Таким образом, планируемый эксперимент при любом его исходе даст новую ценную информацию.

Работа была поддержана РФФИ, грант 16-29-13034.

Литература

1. *Petkov V., Bugaev E., Klimai P., et. al.* Searching for Very-High-Energy Gamma-Ray Bursts from Evaporating Primordial Black Holes // *Astron. Lett.* – 2008. – V. 34. – P. 509.
2. *Petkov V., Bugaev E., Klimai P., et. al.* Experimental search for gamma-ray bursts from evaporating primordial black holes // *J. Exp. Theor. Phys.* – 2010. – V. 110. – P. 406.
3. *Rees M.J.* Optical pulses from primordial black hole explosions // *Nature.* – 1977. – V. 266. – P. 333.
4. *Blandford R.D.* Spectrum of a radio pulse from an exploding black hole, *Mon. Not. Roy. Soc.* – 1977. – V. 181. – P. 489.
5. *Kol B.* The phase transition between caged black holes and black strings - a review // *Phys. Rep.* – 2006. – V. 422. – P. 119.
6. *Kavic M., Simonetti J.H., Cutchin S.E., et. al.* Transient pulses from exploding primordial black holes as a signature of an extra dimension // *JCAP.* – 2008. – V. 0811. – P. 017.