Новые горизонты в гравитации: темная энергия и звезды из конденсата

Э. Моттола (США)

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

---

arXiv:1107.5086v1 [gr-qc] 25 Jul 2011

LANL-UR-11-10829

New Horizons in Gravity: Dark Energy and Condensate Stars

Emil Mottola (emil@lanl.gov)

Theoretical Div., Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545 USA

Черные дыры (ЧД) представляют собой, по-видимому, неустранимое предсказание классической общей теории относительности, по крайней мере, если материя подчиняется сильному условию для энергии $\rho + 3p \geq 0$. Однако квантовые вакуумные флуктуации в общем случае нарушают это условие, как это имеет место в случае уравнения состояния для космологической темной энергии $\rho = -p > 0$. Когда рассматриваются квантовые эффекты, концепция черных дыр приводит к ряду термодинамических парадоксов, связанных с температурой Хокинга и допущением об энтропии черных дыр.

Часто не упоминают о том, что аналитическое продолжение решения внутрь сферы горизонта событий с радиусом Шварцшильда фактически основано на физическом допущении об исчезновении там тензора энергии-импульса. Даже в чисто классической общей теории относительности гиперболический характер уравнений Эйнштейна разрешает в общем случае существование источников энергии-импульса и, следовательно, разрывы на горизонте, которые могут нарушать это условие. Чтобы определить, что фактически происходит на горизонте событий, необходима дополнительная физическая информация, и правильный переход от внешнего решения к внутреннему зависит от этой физики, которая может быть совместимой или не совместимой с (комплексным) аналитическим продолжением координат в окрестности координаты с радиусом Шварцшильда.

В данной статье утверждается, что наиболее сильные квантовые эффекты возникают за счет конформных скалярных степеней свободы, генерируемых аномальным следом тензора энергии-импульса в искривленном пространстве. На горизонтах событий это может вызвать макроскопически сильные эффекты обратной связи с геометрией, потенциально способные устранить классический горизонт событий черной дыры и космологических пространств-времен, заменяя их граничным слоем квантовой фазы, где эффективное значение плотности гравитационной вакуумной энергии может изменяться. В эффективной энергии, включающей квантовые эффекты аномалии, космологический член Λ становится динамическим конденсатом, чье значение зависит от граничных условий на горизонте. Принимая положительное значение внутри полностью сколлапсировавшей звезды, эффективный космологический член устраняет любую сингулярность, заменяя ее на гладкую темную энергию де Ситтера внутри. Результирующая конфигурация гравитационной вакуумной звезды из конденсата (или *гравастара*) разрешает все парадоксы черных дыр и представляет собой проверяемую альтернативу черным дырам в качестве конечного

квантовомеханического состояния полного гравитационного коллапса. Наблюдаемое значение Λ_{eff} темной энергии в нашей Вселенной подобным же образом может являться макроскопическим эффектом конечной величины, чье значение зависит не от планковского масштаба или других микроскопических факторов, но лишь космологического масштаба хаббловского горизонта самого по себе.

Ссылки

[1] Schwarzschild K 1916 *Sitzber. Preuss. Akad.Wiss. Berlin,Math.-Phys.* 189
[2] Einstein A 1939 *Ann. Math.* 40 922
[3] Misner C W, Thorne K S and Wheeler J A 1973 *Gravitation* (San Francisco: Freeman)
[4] Weinberg S 1972 *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity* (New York: Wiley).
[5] Kruskal M D 1960 *Phys. Rev.* 119 1743 Szekeres G 1960 *Publ. Mat. Debrecen.* 7 285
[6] Reissner H 1916 *Ann. Phys. (Ger.)* 50 106 Nordstr?om G 1918 *Proc. Kon. Ned. Akad.* 20 1238
[7] Kerr R P 1963 *Phys. Rev. Lett.* 11 237
[8] Boyer R H and Lindquist R W 1967 *J. Math. Phys.* 8 265 Carter B 1968 *Phys. Rev.* 174 1559
[9] Hawking S W and Ellis G F R 1973 *The Large Scale Structure of Space-Time* (Cambridge: Cambridge Univ. Press)
[10] Christodoulou D 1970 *Phys. Rev. Lett.* 25 1596 Christodoulou D and Ruffini R 1971 *Phys. Rev.* D 4 3552
[11] Smarr L 1973 *Phys. Rev. Lett.* 30 71
[12] Bardeen J M, Carter B and Hawking S W 1973 *Comm. Math. Phys.* 31 161
[13] Hawking S W 1971 *Phys. Rev. Lett.* 26 1344
[14] Bekenstein J D 1972 *N. Cimento Lett.* 4 737; 1973 *Phys. Rev.* D 7 2333; 1974 *Phys. Rev.* D 9 3292
[15] Hawking S W 1974 *Nature* 248 30; 1975 *Comm. Math. Phys.* 43 199
[16] Hawking S W 1976 *Phys. Rev.* D 13 191
[17] См. Mazur P O 1996 *Acta Phys. Polon.* B 27 1849, где содержится дальнейшее обсуждение этого вопроса
[18] Lynden-Bell D 1967 *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 136 101; Lynden-Bell D and Lynden-Bell R M 1977 *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 181 405
[19] Padmanabhan T 1990 *Phys. Rep.* 188 285
[20] Gross D J, Perry M J, and Yaffe L G 1982 *Phys. Rev. D* 25 330; York J W 1986 *Phys. Rev.* D 33 2092
[21] Hawking S W 1982 *Comm. Math. Phys.* 87 395
[22] Mazur P O and Mottola E 2001 *Preprint* arXiv: gr-qc/0109035; 2004 *Proc. Nat. Acad. Sci.* 101 9545
[23] Boulware D G 1975 *Phys. Rev.* D 11 1404; 1976 *Phys. Rev.* D 13 2169
[24] Christensen S M and Fulling S A 1977 *Phys. Rev.* D 15 2088
[25] Mottola E and Vaulin R 2006 *Phys. Rev.* D 74 064004
[26] For further discussion and extensive references see Mottola E 2010 *Acta Phys. Polon.* B 41 2031
[27] Duff M 1977 *Nucl. Phys.* B 125 334; 1984 *Nucl. Phys.* B B234 269
[28] Polyakov A M 1981 *Phys. Lett.* B103 207
[29] Antoniadis I, Mazur P O and Mottola E 2007 *New J. Phys.* 9 11
[30] Giannotti M and Mottola E 2009 *Phys. Rev.* D 79 045014

[31] Antoniadis I and Mottola E 1992 *Phys. Rev.* D 45 2013
[32] de Sitter W 1917 *Mon. Not. R. Astron. Soc* 78 3
Eddington A S 1924 *The Mathematical Theory of Relativity* (Cambridge: Cambridge Univ. Press)
[33] Anderson P R, Molina-P?aris C and Mottola E 2009 *Phys. Rev. D* 80 084005
[34] Similar ideas based on analogies with condensed matter systems have been expressed in Chapline G, Hohlfield E, Laughlin R B and Santiago D 2001 *Phil. Mag.* B81 235; 2003 *Int. Jour. Mod. Phys.* A18, 3587
[35] Israel W 1966 *N. Cimento* B B44 1; *N. Cimento* B 48 463
[36] Zel'dovich Ya B and Novikov I D 1971 *Relativistic Astrophysics* Vol 1 (Chicago:Univ. of Chicago Press) [1996 *Stars and Relativity* (Mineola, NY: Dover)].
[37] Narayan R and Heyl J S 2002 *Astrophys.J.* 574 L139 Yuan Y F, Narayan R, and Rees M J 2004 *Astrophys.J.* 606 1112 McClintock J E, Narayan R, and Rybicki G B 2004, *Astrophys.J.* 615 402
[38] Abramowicz M A, Kluzniak W and Lasota J P 2002 *Astron. Astroph.*, 396 L31
[39] Riess A G *et. al.* 1998 *Astron. J.* 116 1009 2004 *Astron. J.* 607 665 Perlmutter S *et. al.* 1999 *Astrophys. J.* 517 565 Tonry J L *et. al.* 2003 *Astrophys. J.* 594 1
[40] Antoniadis I, Mazur P O and Mottola E 1997 *Phys. Rev. Lett.* 79 14
[41] Mottola E in *2010 Cosmology: Proceedings of the XLVth Rencontres de Moriond* ed E Auge, J Dumarchez and J Tran Tranh Van (Vietnam: The Gioi Publishers) (*Preprint* arXiv:1103.1613)
[42] Antoniadis I, Mazur P O and Mottola E 2011 *Preprint* arXiv:1103.4164 submitted to *JHEP*