

Поверхностное напряжение и отрицательное давление внутри несингулярной “черной дыры”

П. Мазур и Э. Моттола (США)

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

arXiv:1501.03806v1 [gr-qc] 15 Jan 2015

Surface Tension and Negative Pressure Interior of a Non-Singular 'Black Hole'

Pawel O. Mazur (mazur@caprine.physics.sc.edu)

Department of Physics and Astronomy, University of South Carolina
Columbia, SC 29208 USA

Emil Mottola (emil@lanl.gov)

Theoretical Division, T-2, Los Alamos National Laboratory
Los Alamos, NM 87545 USA

Решение уравнения Шварцшильда с постоянной внутренней плотностью для статичной сферически симметричной коллапсировавшей звезды характеризуется расходящимся давлением, когда ее радиус удовлетворяет соотношению $R \leq \frac{9}{8}R_s = \frac{9}{4}GM$. Показано, что эта расходимость интегрируема и индуцирует неизотропное поперечное воздействие с конечным, сдвинутым в красную область, поверхностным напряжением на сферической поверхности радиуса $R_0 = 3R\sqrt{1 - \frac{8R}{9R_s}}$. При $r < R_0$ внутреннее решение Шварцшильда характеризуется отрицательным давлением. При $R = R_s$ эта поверхность локализуется на самом радиусе Шварцшильда $R_0 = R_s$, и решение имеет постоянное отрицательное давление $p = -\bar{p}$ везде внутри области $r < R_s$, описывая звезду из гравитационного конденсата, полностью сколлапсировавшую в несингулярное состояние, предсказанное классической общей теорией относительности (ОТО). Сдвинутое в красную область поверхностное напряжение конденсатной звезды равно $\tau_s = \Delta\kappa/8\pi G$, где $\Delta\kappa = \kappa_+ - \kappa_- = 2\kappa_+ = 1/R_s$ есть разность равной и противоположной поверхностной гравитации между внешним и внутренним решениями Шварцшильда. Первый Закон $dM = dE_v + \tau_s dA$ оказывается чисто классическим механическим соотношением при нулевой температуре и нулевой энтропии, описывающим изменение объемной энергии и поверхностной энергии соответственно. Поскольку горизонт событий отсутствует, шварцшильдовское время t такой несингулярной гравитационной звезды из конденсата является глобальным временем, полностью совпадающим с с унитарным временем эволюции в квантовой теории. Давление $p = -\bar{p}$ внутри действует как дефокусирующая линза для света, проходящего через конденсат, что дает характеристики изображения, отличающиеся от классической черной дыры. Наблюдательный тест звезд из гравитационного конденсата с физической поверхностью в отличие от черной дыры представляет собой *дискретные* колебательные поверхностные моды, которые должны быть наблюдаемыми вследствие их гравитационных волновых сигнатур.

Ссылки

- [1] S. W. Hawking and R. Penrose, Proc. Roy. Soc. Lond. A 314, 529 (1970).
- [2] S. W. Hawking & G. F. R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-Time (Cambridge Univ. Press, Cambridge 1973).
- [3] A. G. Riess et. al., Astron. J. 116, 1009 (1998); *ibid.* 607 665 (2004); S. Perlmutter et al., Astrophys. J. 517 565 (1999); J. L. Tonry et. al., Astrophys. J. 594, 1 (2003).
- [4] I. Antoniadis, P. O. Mazur, and E. Mottola, New J. Phys. 9, 11 (2007).
- [5] M. Bordag, U. Mohideen, and V. M. Mostepanenko, Phys. Rept. 353, 1 (2001); K. A. Milton, The Casimir Effect: Physical Manifestations of Zero-Point Energy (World Scientific, Singapore 2001);
M. Bordag, Advances in the Casimir Effect (Oxford Univ. Press, Oxford 2009).
- [6] M. A. Shifman, A. I. Vainshtein, and V. I. Zakharov, Nucl. Phys. B147, 385; *ibid.*, 448 (1979) G. Launer, S. Narison, and R. Tarrach, Zeit. Physik C, 26, 433 (1984).
- [7] S. W. Hawking, Comm. Math. Phys. 87, 395 (1982).
- [8] H. A. Buchdahl, Phys. Rev. 116, 1027 (1959).
- [9] D. Martin and M. Visser, Class. Quantum Grav. 20, 3699 (2003).
- [10] K. Schwarzschild, Sitzungsberichte Preuss. Akad. Wiss. Berlin (Math. Phys.), 424 (1916); English transl. by S. Antoci, e-print arXiv:physics/9912033.
- [11] J. V. Narlikar, An Introduction to Relativity (Cambridge University Press, Leiden 2010).
- [12] S. Weinberg, Gravitation and Cosmology, (Wiley, New York, 1972).
- [13] R. W. Wald, General Relativity, (Univ. of Chicago, Chicago, 1984).
- [14] See however, C. Cattoen, T. Faber, and M. Visser, Class. Quantum Grav. 22, 4189 (2005).
- [15] R. C. Tolman, Phys. Rev. 35, 875 (1930); Relativity, Thermodynamics and Cosmology (Clarendon, Oxford, 1934), (Dover, New York, 1987).
- [16] A. Komar, Phys. Rev. 113, 934 (1959); *ibid.* bf 127, 1411 (1962); *ibid.* 129, 1873 (1963). See also L. D. Landau and E. M. Lifshitz, The Classical Theory of Fields, Course of Theoretical Physics, Vol. 2, (Pergamon Press, Oxford, 1971).
- [17] P. O. Mazur and E. Mottola, e-print arXiv:gr-qc/0109035 (2001).
- [18] P. O. Mazur and E. Mottola, Proc. Nat. Acad. Sci. 101, 9545 (2004).
- [19] G. Chapline, Hohlfield, E., Laughlin, R. B. & Santiago, D. I. (2001) Phil. Mag. B81, 235 (2001).
- [20] W. Israel, Nuovo Cimento B44, 1 (1966); B48, 463 (1966).
- [21] E. Poisson and W. Israel, Class. Quantum Gravity, 5, L201 (1988).
- [22] L. Smarr, Phys. Rev. Lett. 30, 71 (1973).
- [23] J. M. Bardeen, B. Carter and S. W. Hawking, Comm. Math. Phys. 31, 161 (1973).
- [24] C. W. Misner and D. H. Sharp, Phys. Rev. B6, 136 (1964).
- [25] A. Lichnerowicz, Theories Relativistes de la Gravitation et de l'Electromagnetisme (Masson, Paris, 1955).
- [26] W. B. Bonnor and P. A. Vickers, Gen. Rel. and Gravitation, 13, 29 (1981).
- [27] R. B. Laughlin, Int. Jour. Mod. Phys. A18, 831 (2003).
- [28] P. O. Mazur, AIP Conf. Proc. 415, 299 (1997); e-print arXiv:hep-th/9708133 (1997).
- [29] A. Einstein, Ann. Phys. 343, 355 (1912); English transl. by A. Beck, The Collected Papers of Albert Einstein, Volume 4: The Swiss Years: Writings, 1912-1914, (Princeton Univ. Press, Princeton, 1995). See also A. Einstein, Ann. Math., 40 , 922 (1939).
- [30] V. L. Fish et. al., Astrophys. J. Lett. 727, L36 (2011).
- [31] N. Sakai, H. Saida, and T. Tamaki, Phys. Rev. D 90, 104013 (2014).
- [32] E. Mottola and R. Vaulin, Phys. Rev. D 74, 064004 (2006).
- [33] E. Mottola, Acta Physica Polonica B 41, 2031 (2010).
- [34] C. B. M. H. Chirenti and L. Rezzolla, Class. Quantum Grav. 24, 4191 (2007).

- [35] S. J. Waldman (for the LIGO Scientific Collaboration), e-print arxiv:gr-qc/1103.2728 (2011).
- [36] T. Harko, Z. Kovacs, and F. S. N. Lobo, *Class. Quantum Grav.* 26, 215006 (2009).
- [37] I. Antoniadis and E. Mottola, *Phys. Rev. D* 45, 2131 (1992).
- [38] I. Antoniadis, P. O. Mazur, and E. Mottola, *New J. Phys.* 9, 11 (2007).
- [39] P. Pani, E. Berti, V. Cardoso, Y. Chen and R. Norte, *Phys. Rev. D* 80, 124047 (2009); *J. Phys.: Conf. Ser.* 222 01203 (2010).
- [40] C. Barrabes and W. Israel, *Phys. Rev. D* 43, 1129 (1991).