

Сферически симметричная чёрная дыра в скалярно-тензорной гравитации с неминимальной связью

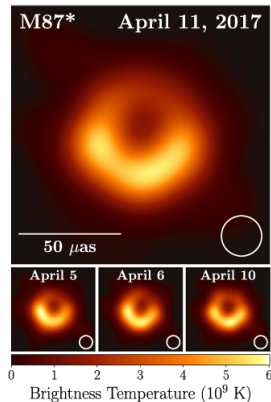
Антонов Егор Александрович

д.ф.-м.н. Алексеев С.О.

филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в городе Сарове



МГУ Саров



Ограничения на скорость ГВ от LIGO [1]

$$-3 \cdot 10^{-15} \leq \frac{v_{\text{GW}} - v_{\text{EM}}}{v_{\text{EM}}} \leq +7 \cdot 10^{-16}$$

Это приводит к ограничениям на модель

$$-3 \cdot 10^{-15} \leq (16\pi G \dot{\phi})^2 \leq +7 \cdot 10^{-16}$$

Также на модель получены ограничения, соответствующие различным космологическим сценариям [2]

Действие теории [3]

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left[- \left(\frac{2}{\kappa^2} + \alpha \phi^2 \right) R + \frac{1}{2} g^{\mu\nu} \nabla_\mu \phi \nabla_\nu \phi + \right. \\ \left. + \kappa^2 \beta G^{\mu\nu} \nabla_\mu \phi \nabla_\nu \phi + \frac{1}{3!} \lambda \phi^3 + \frac{1}{4!} \tilde{g} \phi^4 \right]$$

Где величины:

$\kappa^2 = 32\pi G$, где G – Ньютоновская постоянная, ϕ – скалярное поле, R – скалярная кривизна, α, β – безразмерные постоянные, $\lambda, \tilde{g}$ – скаляры взаимодействия с полем соответствующих степеней.

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R$$

Анзатц метрики берём по аналогии с [4]

$$ds^2 = \Delta(r)dt^2 - \frac{\sigma(r)^2}{\Delta(r)}dr^2 - f(r)^2d\Omega^2$$

Калибровочные условия

Наложив калибровочное условие на одну из функций можем получить более простой вид решения, при этом более похожий на решение Шварцшильда. Возможные калибровки:

- $\sigma(r) = 1$ – GM-GHS калибровка.
- $f(r) = r$ – калибровка кривизны.

$$\frac{\partial}{\partial \Delta} : \kappa^2 \phi'(r)^2 ((4\alpha + 1)f(r)^2 + 2\beta\kappa^2) + 4f(r)(f''(r)(\alpha\kappa^2\phi(r)^2 + 2) + \alpha\kappa^2 f(r)\phi(r)\phi''(r)) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial f} : \kappa^2 [f(r) \left(-2\alpha\Delta(r)\phi(r)\phi'(r) - \frac{1}{4}\Delta(r)\phi'(r)^2 + \frac{1}{48}g_I\phi(r)^4 + \frac{1}{12}\lambda_0\phi(r)^3 \right) - \alpha\Delta(r)\phi(r)^2 f'(r)] + f(r)\Delta''(r) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial \sigma} : (-4\alpha\kappa^2\Delta(r)f(r)\phi(r)f'(r)\phi'(r) - \Delta(r)f'(r)^2(\alpha\kappa^2\phi(r)^2 + 2) + \kappa^2 f(r)^2 \left(\frac{1}{4}\Delta(r)\phi'(r)^2 - \frac{1}{48}g_I\phi(r)^4 + \frac{1}{12}\lambda_0\phi(r)^3 \right)) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial \phi} : \left(-12\alpha\phi(r) \left(f(r)^2\Delta''(r) + 4f(r)(\Delta'(r)f'(r) + \Delta(r)f''(r)) + 2\Delta(r)f'(r)^2 - 2 \right) + 6\phi'(r) \left(-4\beta\kappa^2\Delta(r)^2 f'(r)f''(r) + f(r)^2\Delta'(r) + 2\Delta(r)f(r)f'(r) \right) + 6\Delta(r)\phi''(r)(f(r)^2 - 2\beta\kappa^2\Delta(r)f'(r)^2) - g_I f(r)^2\phi(r)^3 + 3\lambda_0 f(r)^2\phi(r)^2 \right) = 0$$

Вывод

Полученное решение, после интерполяции полностью совпадает с выбранной на бесконечности асимптотикой вплоть до горизонта, и именно эта область решения представляет интерес для дальнейшей задачи, а именно моделирования аккреционных дисков [5]

Продолжение исследования

В будущем планируется продолжить работу с этим решением, и использовать модифицированный алгоритм Ньюмена-Яниса для получения вращающейся версии решения и дальнейшего моделирования аккреционного диска ЧД.

Спасибо за внимание!



Abbott B. P. et al. Gravitational Waves and Gamma-Rays from a Binary Neutron Star Merger: GW170817 and GRB 170817A // The Astrophysical Journal Letters.

— 2017.

— V. 848, № 2.

— P. L13.



Zenin O., Stamov R., Kuzmin S., Alexeyev S. Non-minimal effective scalar–tensor gravity in the early universe // The European Physical Journal C.

— 2026.

— V. 86, № 5.



Latosh B. One-loop effective scalar-tensor gravity // European Physical Journal C.

— 2020.

— V. 80.

— P. 845.



Alexeyev S. O., Pomazanov M. V. Black hole solutions with dilatonic hair in higher curvature gravity // Phys. Rev. D.

- 1997.
- V. 55.
- P. 2110–2118.



Dyadina P., Avdeev N. Thin accretion disk signatures in hybrid metric-Palatini gravity // The European Physical Journal C.

- 2024.
- V. 84, № 1.