

УДК 539.12-17

Электромагнитное поле кольцевого заряда вблизи черной дыры Керра

Комаров Станислав Олегович^{1,2(*)} StasKomarov@tut.by

Верещагин Григорий Викторович^{2,4}

Горбачевич Александр Константинович^{1,3}

Гаркун Александр Сергеевич^{1,3}

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, ICRANet-Minsk, Минск, Беларусь

³Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

⁴Координационный центр ИКРАНет, Пескара, Италия

Аннотация. Рассмотрены уравнения, описывающие электромагнитное поле зарядов вблизи черной дыры Керра. Рассчитаны электрическое и магнитное поля кольцевого заряда, покоящегося вблизи черной дыры Керра. Построены линии электрического и магнитного полей в системе отсчета ZAMO. Рассмотрены приложения полученных результатов в задачах релятивистской астрофизики.

Ключевые слова: черная дыра Керра, уравнение Тьюкольского, электромагнитное поле вблизи черной дыры

Введение. Теоретическое исследование таких явлений как квазары, гамма-всплески и многих других основывается на моделях вращающихся черных дыр, окруженных плазмой [1, 2]. Первые модели, описывающие электрическое и магнитное поля в окрестности черных дыр были разработаны для пульсаров [3, 4]. Позднее было показано, что мощные электро- и магнитосферы должны также иметь и астрофизические черные дыры [1].

В настоящей работе представлены численные результаты для линий электрического поля кольцевого заряда, расположенного вблизи медленно вращающейся черной дыры. Линии построены для случаев колец различных размеров, находящихся в экваториальной плоскости черной дыры.

В работе используется система единиц, в которой как гравитационная постоянная G , так и скорость света в вакууме c равны 1. Сигнатура метрики $\{+, +, +, -\}$.

Методы и материалы; результаты. Наша цель заключается в построении силовых линий электрического поля. Получим дифференциальное уравнение:

$$\frac{1}{r} \frac{dr}{d\theta} = \frac{E_{\hat{r}}}{E_{\hat{\theta}}} = \sqrt{\Delta} \frac{\Sigma^2 F_{14} + 2ar F_{13}}{\Sigma^2 F_{24} + 2ar F_{23}}. \quad (1)$$

Здесь E_r и E_θ — соответственно r и θ компоненты электрического поля в ортонормированной системе координат ZAMO [5]. Таким образом, в обычной полярной системе координат на плоскости силовые линии могут быть найдены из решения уравнения (1).

Заключение. Таким образом, в данной работе выполнено численное построение силовых линий электрического поля кольцевого заряда вблизи медленно вращающейся черной дыры. При этом использованы подходы, разработанные в работах [5, 6]. Видимые разрывы линий вблизи сферы $r = r_0$ являются численными артефактами и следствием того факта, что в качестве решения взято лишь конечное число членов медленно сходящегося вблизи данной сферы мультипольного ряда. В будущих работах авторы планируют увеличить число рассматриваемых слагаемых для получения более точных результатов вблизи указанной сферы.

Список источников

- [1] Ruffini R., Rueda J.A. The blackholic quantum. The European Physical Journal C, 2020, vol. 30, no. 300.
- [2] Piran T. The physics of gamma-ray bursts. Reviews of Modern Physics, 2005, vol. 76, art. no. 1143.
- [3] Goldreich P., Julian W.H. Pulsar Electrodynamics. The Astrophys. J., 1969, vol. 157, art. no. 869.
- [4] Sturrock P.A. A Model of Pulsars. The Astrophys. J., 1971, vol. 161, art. no. 529.
- [5] Bičák J., Dvořák L. Stationary Electromagnetic Fields around Black Holes. II. General Solutions and the Fields of Some Special Sources Near a Kerr Black Hole. General Relativity and Gravitation, 1976, vol. 7, no. 12, pp. 959–983.
- [6] Petterson J.A. Magnetic field of a current loop around a Schwarzschild black hole. Phys. Rev. D, 1974, vol. 10, no. 10, pp. 3166–3170.