

## 1. Авторы

Цупко Олег Юрьевич, снс, отдел 64, ИКИ РАН

## 2. Название

Цикл «Исследования теней черных дыр и изображений высокого порядка» состоит из трех работ: статьи в журнале *Physics Reports* (**Impact factor 30**) и двух статей в журнале *Physical Review D*:

1) Volker Perlick and Oleg Yu. Tsupko, Calculating black hole shadows: Review of analytical studies, **Physics Reports** 947, 1 (2022)

2) Oleg Yu. Tsupko, Deflection of light rays by a spherically symmetric black hole in a dispersive medium, **Physical Review D** 103, 104019 (2021)

3) Oleg Yu. Tsupko, Shape of higher-order images of equatorial emission rings around a Schwarzschild black hole: Analytical description with polar curves, **Physical Review D** 106, 064033 (2022)

## 3. Ссылки на публикацию

<https://doi.org/10.1016/j.physrep.2021.10.004>

<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.103.104019>

<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.106.064033>

## 4. Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность

Для далекого наблюдателя черная дыра может быть видима как темное пятно – так называемая тень черной дыры. В 2019 и 2022 году соответственно, проектом Event Horizon Telescope были представлены наблюдения тени сверхмассивных черных дыр в галактиках M87 и в нашей галактике. Полученные изображения представляют собой наиболее убедительное доказательство существования черных дыр в природе.

## 5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение

В работах исследуются размер и форма тени черной дыры, а также свойства кольцевых изображений высокого порядка, которые могут наблюдаться вокруг тени. Работа в журнале *Physics Reports* (2022) представляет собой обзор аналитических исследований теней черных дыр. Работа в журнале *Physical Review D* (2021) посвящена исследованиям гравитационного отклонения света в диспергирующих средах и, в частности, рассматривает тень, окруженную веществом. Другая работа (*Physical Review D*, 2022) рассматривает кольцевые изображения высокого порядка вокруг невращающейся черной дыры, видимой под наклоном.

## 6. Используемый подход, его новизна и оригинальность

В работах в основном используются аналитические вычисления.

## 7. Полученные результаты и их значимость

В работах получены аналитические результаты, позволяющие исследовать тени черных дыр и кольцевые изображения высокого порядка без необходимости сложного численного моделирования. Результаты касаются размера и формы тени черной дыры в различных ситуациях, а также формы кольцевых изображений высокого порядка вокруг тени черной дыры.