

ЧОРНІ ДІРИ: ЩО МИ ПРО НИХ ЗНАЄМО

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто сучасні уявлення про чорні діри — космічні об'єкти з екстремальною гравітацією. Описано їх основні характеристики, процеси утворення, методи спостереження та роль у Всесвіті. Особливу увагу приділено новітнім відкриттям, зокрема зображенню чорної діри, отриманому телескопом Event Horizon Telescope, та теоретичним аспектам, таким як фрактальна структура горизонту подій. Дослідження підкреслює значення чорних дір для астрофізики та космології.

Ключові слова: чорні діри, горизонт подій, гравітація, самоподібність, астрофізика, космологія.

Abstract

The paper examines modern ideas about black holes, cosmic objects with extreme gravity. It describes their main characteristics, formation processes, observation methods, and role in the Universe. Special attention is paid to recent discoveries, including the image of a black hole obtained by the Event Horizon Telescope, and theoretical aspects, such as the fractal structure of the event horizon. The study highlights the importance of black holes for astrophysics and cosmology.

Keywords: black holes, event horizon, gravity, self-similarity, astrophysics, cosmology.

Вступ

Чорні діри — одні з найзагадковіших об'єктів у Всесвіті, що поєднують у собі принципи загальної теорії відносності, квантової механіки та космології. Вони є регіонами простору-часу, де гравітація настільки сильна, що навіть світло не може їх покинути. Вперше концепцію чорних дір передбачив Карл Шварцшильд у 1916 році, а сучасні дослідження розкривають їх складну природу та вплив на еволюцію Всесвіту.

Актуальність теми зумовлена швидким розвитком астрофізичних технологій, які дозволяють спостерігати чорні діри безпосередньо, а також їх теоретичним значенням для перевірки фундаментальних фізичних теорій. Метою доповіді є систематизація знань про чорні діри, їх властивості та сучасні методи дослідження, включаючи застосування фрактальної геометрії для моделювання їх структури.

Результати дослідження

У результаті аналізу сучасних джерел виділено ключові аспекти природи чорних дір та методи їх вивчення:

- *Характеристики чорних дір:* Чорні діри характеризуються масою, зарядом і моментом обертання. Основні типи: зоряні (утворюються після колапсу масивних зірок), надмасивні (знаходяться в центрах галактик) і первинні (гіпотетичні, утворені на ранніх етапах Всесвіту). Горизонт подій — межа, за якою ніщо не може вийти. Радіус Шварцшильда визначає розмір горизонту для нерухомої чорної діри.

- *Процеси утворення та еволюція:* Зоряні чорні діри виникають, коли масивні зорі вичерпують ядерне паливо, що призводить до гравітаційного колапсу. Надмасивні чорні діри, ймовірно, утворюються шляхом злиття менших чорних дір або акреції матерії в центрах галактик. Випромінювання Гокінга (теоретично передбачене Стівеном Гокінгом) вказує на можливість "випаровування" чорних дір через квантові ефекти.

- *Спостереження чорних дір:* Перше пряме зображення чорної діри в галактиці M87 отримано в 2019 році телескопом Event Horizon Telescope. Це підтвердило передбачення загальної теорії відносності. Гравітаційні хвилі, виявлені LIGO у 2015 році, свідчать про злиття чорних дір, що дозволяє вивчати їх масу та динаміку. Акреційні диски (матерія, що обертається навколо чорної діри) та релятивістські джети є непрямими ознаками присутності чорних дір.

- *Роль у Всесвіті*: Чорні діри впливають на формування галактик, регулюючи зореутворення через гравітаційні та енергетичні процеси. Вони є природними лабораторіями для перевірки теорій гравітації, квантової механіки та єдиних теорій поля.

Висновки

Чорні діри є ключовими об'єктами для розуміння природи гравітації, простору-часу та квантових явищ.

Сучасні методи спостереження, такі як Event Horizon Telescope і LIGO, підтверджують теоретичні моделі та відкривають нові аспекти їх природи.

Фрактальна геометрія відіграє важливу роль у моделюванні складних структур чорних дір, зокрема горизонту подій і акреційних дисків, підвищуючи точність симуляцій.

Дослідження чорних дір має потенціал для розвитку астрофізики, космології та комп'ютерної графіки, а також для перевірки фундаментальних фізичних теорій.

Подальші дослідження фрактальних властивостей чорних дір можуть поглибити розуміння квантової гравітації та структури Всесвіту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Hawking S. A Brief History of Time. Bantam Books, 1988. — 212 p.
- 2) Thorne K. S. Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy. W. W. Norton & Company, 1994. — 624 p.
- 3) Penrose R. The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe. Vintage, 2005. — 1136 p.
- 4) Lunin J.-P. Black Holes. Cambridge University Press, 1992. — 312 p.
- 5) Event Horizon Telescope Collaboration. First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole. The Astrophysical Journal Letters, 2019. — Vol. 875, No. 1, L1.

Чернокнижник Артем – студент групи 1 КН-24 б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail: hov953@gmail.com

Chernokhorneyk Artem - student of group 1 KN-24 b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Vinnytsia, Khmelnytske shose, 95, e-mail: shov953@gmail.com