

В.В. Мартинюк
К.А. Денисюк

ГРАВІТАЦІЙНІ ХВИЛІ ТА ЇХ ВІДКРИТТЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У доповіді розглянуто природу гравітаційних хвиль як коливань простору-часу. Проаналізовано історію їх передбачення Альбертом Ейнштейном та експериментальне підтвердження колабораціями LIGO та Virgo. Особливу увагу приділено значенню цього відкриття для верифікації загальної теорії відносності.

Ключові слова: гравітаційні хвилі, загальна теорія відносності, чорні діри, інтерферометрія, LIGO.

Abstract

The report examines the nature of gravitational waves as oscillations of space-time. The history of their prediction by Albert Einstein and experimental confirmation by the LIGO and Virgo collaborations are analyzed. Special attention is paid to the importance of this discovery for the verification of general relativity..

Keywords: gravitational waves, general relativity, black holes, interferometry, LIGO.

Вступ

Гравітаційні хвилі — збурення гравітаційного поля, які утворюються через прискорений рух масивних об'єктів і розповсюджується в просторі зі швидкістю світла. Вони утворюються різними астрофізичними об'єктами і реєструються детекторами гравітаційних хвиль. Їхнє дослідження складає предмет гравітаційно-хвильової астрономії. [2].

Гравітаційні хвилі були вперше запропоновані Олівером Гевісайдом у 1893 році, а потім Анрі Пуанкаре в 1905 році як гравітаційний еквівалент електромагнітних хвиль. Пізніше їхні властивості були розраховані Альбертом Ейнштейном в 1916 році на основі його загальної теорії відносності [2].

Основна частина

Перші непрямі докази існування гравітаційних хвиль отримали завдяки спостереженню подвійної пульсарної системи PSR 1913+16. Астрономи помітили, що орбіти пульсарів поступово скорочуються, що збігається з втратою енергії через випромінювання гравітаційних хвиль [1]. Пошук гравітаційних хвиль активно вівся приблизно з 60-х років минулого століття. У колаборації LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory) для цього використовували наземні гравітаційні телескопи — гігантські Г-подібні антени з довжиною плечей за чотири кілометри. Усередині них в умовах високого вакууму поширювалися лазерні промені, які відбивалися від підвішених у протилежних кінцях антен дзеркал. А оскільки гравітаційна хвиля періодично розтягувала і стискала плечі телескопа, різні промені, які йшли за різними оптичним шляхами, приходили на вихід з невеликими затримками[1]. Інтерферометр вимірює різницю у довжині плечей ΔL , яку створює проходження хвилі простору-часу. Формально це описується рівнянням:

$$\Delta L = \frac{hL}{2}$$

де h — амплітуда гравітаційної хвилі, L — довжина плеча [2].

Гравітаційні хвилі були зареєстровані вдень 14 вересня 2015 року одночасно двома профільними обсерваторіями - в штатах Луїзіана і Вашингтон, а офіційно учасники проекту LIGO оголосили про

відкриття гравітаційних хвиль 11 лютого 2016 року на прес-конференціях, що одночасно пройшли у декількох містах[1].

Мульти-месенджерна астрономія

Важливим сучасним напрямом розвитку гравітаційно-хвильових досліджень є так звана мульти-месенджерна астрономія. Як зазначається у поданому джерелі, гравітаційно-хвильові події часто є короткочасними і складними для спостереження традиційними телескопами, тому вчені намагаються поєднувати дані інтерферометрів, таких як LIGO і Virgo, з електромагнітними спостереженнями[3].

Таке поєднання сигналів різної природи — гравітаційних хвиль, світла та інших космічних частинок — дозволяє значно повніше досліджувати астрофізичні процеси. Зокрема, це дає змогу вивчати злиття нейтронних зір, перевіряти властивості гравітації та швидкість поширення гравітаційних взаємодій, а також досліджувати утворення важких хімічних елементів у Всесвіті. Отже, поєднання гравітаційно-хвильових та електромагнітних спостережень започаткувало новий етап розвитку астрономії — мульти-месенджерні дослідження космічних явищ[3].

Висновки

Відкриття гравітаційних хвиль відкрило неймовірні можливості для вивчення Всесвіту: тепер вчені можуть «чути» космічні катастрофи, які неможливо спостерігати традиційними телескопами, такі як злиття нейтронних зір, чорних дір і потужні вибухи у далеких галактиках [2]. Це відкриття не лише підтвердило фундаментальні закони фізики, а й дало змогу заглянути у найтаємничіші куточки Всесвіту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 7 питань про історичне відкриття: до чого тут Ейнштейн і що таке гравітаційні хвилі UNIAN, 2016.—Режим доступу:<https://www.unian.ua/science/1262759-7-pitan-pro-istorichne-vidkrittya-do-chogo-tut-eynshteyn-i-scho-take-gravitatsiyni-hvili.html>. Дата звернення: 25.02.2026.
2. Гравітаційна хвиля Wikipedia, 2017. — Режим доступу:https://uk.wikipedia.org/wiki/Гравітаційна_хвиля. Дата звернення: 25.02.2026.
3. Бурлака О. Як вчені виявили гравітаційні хвилі та що ми про них знаємо сьогодні Universe Magazine. — Режим доступу:<https://universemagazine.com/yak-vcheni-vyavyly-gravitacijni-hvyli-ta-shho-my-pro-nyh-znayemo-sogodni/>. Дата звернення: 25.02.2026.

Денисюк Катерина Анатоліївна— студентка групи ЗПІ-25б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: katiadenysiuk152@gmail.com

Науковий керівник: *Мартинюк Володимир Валерійович* — доцент кафедри фізики, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця

Kateryna Anatoliivna Denysiuk — student of group ЗПІ-25b, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: katiadenysiuk152@gmail.com

Supervisor: *Volodymyr Valeriiovych Martyniuk* — Associate Professor, Department of Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia