

## **ВІДКРИТТЯ СТОЛІТТЯ: ГРАВІТАЦІЙНІ ХВИЛІ**

Загальна теорія відносності, запропонована Ейнштейном, описує гравітацію як геометрію простору-часу. Масивні об'єкти, такі як, наприклад, зірки, «прогинають» простір, спотворюють геометрію простору-часу навколо себе. Якщо вони рухаються або взаємодіють з іншими об'єктами, виникають коливання – періодичні збурення простору навколо них. Теоретично, будь-який об'єкт, що має масу, спотворює простір і може під час руху генерувати гравітаційні хвилі.

Інша річ, що зареєструвати гравітаційні хвилі від легких об'єктів майже неможливо – гравітаційна взаємодія дуже слабка – вона слабкіша за електромагнітну на 40 порядків. Щоб створити хвилю, яку ми зможемо зареєструвати, нам бажано мати об'єкт масою, порівнянною з великою зіркою, що рухається зі швидкістю, близькою до швидкості світла.

Існування у Всесвіті об'єктів, які можуть генерувати придатні для реєстрації гравітаційні хвилі, цілком можливе – це можуть бути чорні діри, системи нейтронних зірок, які взаємодіють, крім того, теоретично ми можемо зареєструвати «реліктові гравітаційні хвилі» – сліди народження Всесвіту, що започатковані компактною, гарячою, речовиною, яка швидко рухалася.

Для реєстрації гравітаційних хвиль було побудовано кілька детекторів, починаючи з 1962 року. Вони бувають двох основних типів: резонансні, на гравітаційних антенах, і інтерферометричні, на лазерних датчиках. Основний елемент резонансних детекторів – гравітаційна антена – важка чавунна болванка, охолоджена до низької температури. При попаданні гравітаційної хвилі на болванку, розмір антени змінюється, і якщо частота хвилі збігається з резонансною частотою антени, амплітуда коливань антени може стати настільки великою, що коливання можна детектувати. На такому принципі сьогодні працюють детектори MiniGRAIL, ALLEGRO, AURIGA, EXPLORER і NAUTILUS.

Інтерферометричні детектори вимірюють зміни відстані між двома пробними масами за допомогою лазерного інтерферометра Майкельсона. У двох довгих (довжиною в кілька сотень метрів або навіть кілометрів) перпендикулярних вакуумних камерах підвішуються дзеркала. Лазерний промінь розщеплюється, йде по камерах, відбивається від дзеркал, повертається назад і знову з'єднується. У «спокійному» стані довжини підібрані так, що ці два промені після з'єднання в напівпрозорому дзеркалі гасять один одного (деструктивно інтерферують), і освітленість фотодетектора є нульовою. Якщо одне дзеркало змінить положення на мінімальну відстань (мова йде про відстань на порядки меншу світлової хвилі), як компенсація двох променів стане неповною і фотодетектор уловить сигнал.

Гравітаційні телескопи такого типу працюють в американо-австралійському проєкті LIGO, німецько-англійському GEO600, японському TAMA-300 і франко-італійському VIRGO.

Нещодавно в ході прес-конференції міжнародного наукового консорціуму LIGO у Вашингтоні було зроблено заяву, що вченим вперше вдалося експериментально підтвердити існування гравітаційних хвиль. «Ми виявили гравітаційні хвилі. Ми це зробили», – заявив виконавчий директор LIGO Девід Рейц. За словами вченого, хвилі утворилися в результаті зіткнення двох масивних чорних дір, які перебувають на відстані 1,3 млрд. світлових років від Землі. Сигнал був отриманий 12 вересня 2015 року. Це «саме те, що було передбачене Загальною теорією відносності Ейнштейна», – повідомив Рейц. «Відкриття гравітаційних хвиль, або так званих «брижів простору – часу» – відкриття, яке прокладе шлях для нового етапу дослідження космосу, стверджують представники LIGO.

Цього відкриття фізики чекали сто років, з моменту появи загальної теорії відносності. Тепер стає можливим перевірити багато припущень космології, набагато краще зрозуміти будову і еволюцію Всесвіту.

Коли хвилі досягли Землі, вони змістили промінь лазерного детектора на одну тисячну діаметра протона. Отримані коливання група вчених перетворила в звук. Втім, перетворювати особливо тут не було чого – сигнал приходить на частоті, яка приблизно збігається з частотою людської мови.

Крім того, слід зазначити, що в даному випадку команді LIGO просто пощастило. Практично як тільки вони включилися, вони зафіксували шуканий сигнал, тому що відбулася потрібна подія – злиття двох дуже масивних чорних дір. В середньому чорні діри рази в три, а то і в чотири легші, але в цьому випадку об'єкти виявилися дуже масивними і тому сигнал вдалося зафіксувати з дуже великої відстані.

Втім, удача приходить до того, хто на це заслуговує: проєкт LIGO – то не просто дві Г – образні конструкції з 4-кілометровими «плечима», рознесені в просторі, це – 25 років копіткої і наполегливої праці, витрати величезних грошей, в першу чергу, на дослідження, на створення нових технологій, на вдосконалення та розвиток цих технологій, на виготовлення все більш точних приладів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля // Теоретическая физика. – 8-е изд., стереот. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – Т. II. – С. 475. – ISBN 5-9221-0056-4.
2. Алексей Левин. Гравитационные волны: дорога к открытию. «Троицкий вариант». № 3 (197), 23 февраля 2016 года.
3. <http://www.theguardian.com/science/2014/jun/04/gravitational-wave-discovery-dust-big-bang-inflation>