

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

Іванова Є.С.

студентка,

Науковий керівник: Федотов В.В.

старший викладач,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВПЛИВ КВАЗАРІВ НА СУЧАСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВСЕСВІТУ

З давніх-давен астрономія йшла пліч-о-пліч з науково-технічним прогресом та мала важливий вплив на розвиток суспільства. Результати досліджень в астрономії стали невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, особливо в таких областях, як оптика, електроніка та навігація.

З курсу історії можна зазначити, що астрономічні відкриття завжди супроводжувались змінами в суспільстві. Зараз одними із турбуючих людство екзистенціальних питань все ще залишаються історія виникнення та формування Всесвіту, розуміння його законів та масштабів. Важливий внесок в пошуці відповідей на ці питання зробили дослідження квазарів, одних із найбільших об'єктів Всесвіту.

Дослідження та проведення замірів у космосі ніколи не було простим завданням для людства, оскільки використання стандартних приладів для визначення відстаней між небесними тілами не є ефективним.

Єдина інформація, доступна для людини це електромагнетичне випромінювання від небесних тіл. Для визначення світності, або загальної потужності цього випромінювання, астрономи вводять поняття абсолютної зоряної величини M – зоряна величина, яку мала б зоря на стандартній відстані $r_0 = 0pc$ [1].

Тобто якщо відома абсолютна зоряна величина космічного об'єкта, то на основі його видимої зоряної величини можна зробити висновок про його відстань. Для цього використовують наступну формулу, де r – реальна відстань об'єкта до спостерігача, m – видима зоряна величина, M – абсолютна зоряна величина.

$$\frac{r}{10pc} = 10^{\frac{m-M}{5}}$$

Проблема у визначенні відстані до небесного тіла виникає у разі, якщо ми не знаємо абсолютну зоряну величину. Для розв'язання цієї задачі було заведено використовувати стандартні свічки – астрономічні об'єкти, абсолютна зоряна величина яких завжди залишається незмінною та чітко визначеною. За допомогою стандартних свічок можна відповідно визначити відстань до інших небесних тіл.

У діапазоні до 20 Мpc використовують Цефеїди – дуже яскраві гігантські зірки, які пульсують у фіксованому ритмі завдяки періодичному нагріванню їх газової оболонки. Чим більша цефеїда, тим повільніше вона пульсує. Вимірявши період імпульсу, можна визначити розмір і відстань завдяки спостереженої яскравості. Таким чином, цефеїди діють як маркери відстані в космосі, які також можна використовувати для оцінки відстаней до інших зірок, що знаходяться поблизу.

Для більш віддалених об'єктів можуть також використати наднові типу Ia – вибухи білих карликів у подвійних зоряних системах, в яких вони постійно притягують матерію від свого партнера по орбіті. При досягненні критичної маси зірка вибухає. Світність об'єкта можна досить точно визначити за ходом вибуха в часі. Таким чином, спостережувана яскравість є хорошим показником відстані. Оскільки ми все ще можемо бачити наднові з надзвичайно великих відстаней це дає важливі дані про геометрію та швидкість розширення Всесвіту.

Щоб виміряти надзвичайно великі відстані у Всесвіті, потрібні джерела, яскравіші ніж наднові типу Ia. Для цього можна використати квазари – надмасивні чорні діри в центрі галактик, що також являються найвіддаленішими об'єктами і таким чином дають змогу дослідити ранній Всесвіт.

Коли газ знаходиться поблизу чорної діри, він притягується, але не потрапляє безпосередньо в неї. Замість цього утворюється акреційний диск – вихор, за допомогою якого матерія потрапляє в чорну діру. Високі сили тертя в цьому потоці речовини, який в кінцевому підсумку живить чорну діру, нагрівають акреційний диск зазвичай до 50 000 градусів. Інтенсивність випромінювання робить квазари такими яскравими, що вони затьмарюють усі зірки в галактиці.

Інші компоненти всередині квазарів відомі вже як декілька десятиліть. Наприклад, область широкої лінії випромінювання або скорочено BLR (від англ. broad emission-line region). У цій області хмари іонізованого газу обертаються навколо центральної чорної діри зі швидкістю кілька тисяч кілометрів на секунду. Інтенсивне

випромінювання високої енергії з акреційного диска стимулює випромінювання газу в BLR, що відображається в спектрах у вигляді спектральних ліній. Однак завдяки ефекту Доплера вони значно розширюються через високі орбітальні швидкості [2].

Відстань до дуже віддалених об'єктів таких як квазарів реєструється за допомогою їх червоного зміщення. Причиною космологічного червоного зміщення є розширення самого простору: якщо світло випромінюється з далекої галактики в певний момент часу, світлу потрібно тривалий час, щоб дійти до Землі. Протягом цього часу Всесвіт продовжує розширюватися, а разом із ним також довжина хвилі світла. Це означає, що світло «розтягується» з розширенням Всесвіту. Цей ефект автоматично впливає з рівнянь загальної теорії відносності і називається космологічним червоним зміщенням. Чим далі об'єкт, тим більше червоне зміщення його випромінювання.

Астроном Де-Чанг Дай проаналізував криві блиску 13 квазарів, які були записані протягом кількох років як частина масивного компактного гало-об'єкта і які розташовані за Магеллановими хмарами. Він помітив раніше невиявлену закономірність на кривих блиску в оптичному діапазоні: кількість світла, яке випромінюють квазари в цій частині спектра, регулярно збільшувалася і знову зменшувалася. Оскільки червоне зміщення цих квазарів було вже відомо, криві блиску квазарів можна було порівняти один з одним. Результатом стало те, що цей періодичний сигнал був однаковим для всіх спостережуваних квазарів, незалежно від того, наскільки вони відрізняються або скільки світла вони взагалі випромінюють. Ці результати дали можливість використовувати квазари як стандартні свічки для дослідження Всесвіту.

Завдяки дослідженням інституту Макса Планка нещодавно вперше вдалося продемонструвати можливість прямого визначення маси квазара за допомогою спектроастрометрії. У космології визначення маси надмасивних чорних дір у молодому Всесвіті є важливим вимірюванням для зрозуміння актуального розвитку космосу.

Цей метод дозволяє визначати масу далеких чорних дір у квазарах безпосередньо з оптичних спектрів, не роблячи загальних припущень про просторовий розподіл газу. Знання маси квазарів надасть інформацію також стосовного хімічного складу небесних тіл, що відкриє нові двері у дослідження раннього Всесвіту.

Ще одною важливою подією для людства є цьогорічний запуск телескопа імені Джеймса Вебба. Вебб – надзвичайно чутливий телескоп, здатний виявляти навіть дуже слабкі світлові сигнали. Це важливо тому, що хоча квазари за своєю природою дуже яскраві, але являються одними з найвіддаленіших об'єктів у Всесвіті.

Завдяки телескопу Вебба вчені вивчать властивості найяскравіших квазарів та їх батьківських галактик, а також те, як вони взаємопов'язані на перших етапах еволюції у дуже ранньому Всесвіті. Команда також використовуватиме квазари для дослідження газу в просторі між галактиками, особливо в період космічної реіонізації, що закінчився, коли Всесвіт був ще дуже молодим [3].

Дослідження квазарів повинні дати вченим більш чітке розуміння стосовно реального віку нашої Галактики та допомогти у репрезентації Теорії Великого Вибуху. В майбутньому отриманні дані відкриють перспективу для моделювання подальшого розвитку Всесвіту. Окрім безцінного прикладного значення в різних напрямках природничих наук, астрономічні дослідження зможуть відповісти також на багато важливих для розвитку суспільства питань: роль і значення людини в Всесвіті, його основні закони та теорії, як утворився та еволюціонував космос та що саме очікує його у майбутньому.

Список використаних джерел:

1. Пришляк М. П. Зорі. Еволюція зір / М. П. Пришляк // *Астрономія / М. П. Пришляк.* – Харків: Ранок, 2019. – С. 76.
2. Quasare auf der Waage [Електронний ресурс] // Max Plank Gesellschaft. – 2021. – Режим доступу: <https://www.mpg.de/17519422/wie-man-einen-quasar-wiegt>
3. Jenner L. NASA's Webb Will Use Quasars to Unlock the Secrets of the Early Universe [Електронний ресурс] / Lynn Jenner // [nasa.gov](https://www.nasa.gov). – 2021. – Режим доступу: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2021/nasa-s-webb-will-use-quasars-to-unlock-the-secrets-of-the-early-universe>.