

ВІДГУК

на дисертацію Сергєєва Олексія Володимировича

«Гравітаційно лінзована система SBS 1520+530: оптичні спостереження та моделювання»

представлену на здобуття вченого ступеню кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.02 – астрофізика, радіоастрономія

Гравітаційне лінзування описує, як відхиляється світло, коли воно проходить поблизу масивного тіла. Величина відхилення пропорційна масі дефлектора, що називають «гравітаційною лінзою», і, як правило, слабка, навіть для великих мас. Слабкість цього явища пояснює, чому гравітаційне лінзування практично не спостерігалось до кінця 1970-х років. До цього часу гравітаційне лінзування розглядалось просто як теоретичне дивина. Проте ситуація різко змінилася з відкриттям першого позагалактичної гравітаційної лінзи в 1979 році. З того часу разом із технологічним прогресом астрономічних інструментів гравітаційне лінзування перетворилося з дивини на потужний інструмент для вирішення важливих астрофізичних та космологічних питань.

В даній роботі розглянуті питання, пов'язані з гравітаційно-лінзованими квазарами. Квазари - це активні галактичні ядра, де речовина нагрівається, та акреціює на центральну надмасивну чорну діру. Коли галактика розташовується на лінії зору на віддалений квазар, вона діє як гравітаційна лінза та створює кілька зображень цього фонового джерела. Світло від квазара йде до спостерігача різними шляхами для кожного з його зображень. Таким чином, варіації власної яскравості квазара спостерігаються в різний час на кожному зображенні.

Затримка часу між зображеннями може бути використана для визначення сталої Хабла H_0 . Ця константа описує поточний коефіцієнт розширення Всесвіту і є одним з основних параметрів космологічних моделей. Багато зусиль протягом багатьох років було витрачено на визначення H_0 , але його значення все ще визначено з великими похибками. Гравітаційне лінзування має потенціал, щоб помітно зменшити невизначеність H_0 . На практиці це вимагає регулярного та довгострокового моніторингу лінзованих квазарів. Тому актуальність роботи Сергєєва О. В. «Гравітаційно лінзована система SBS 1520+530: оптичні спостереження та моделювання» не викликає сумнівів.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатку та списку літератури що налічує 165 джерел.

У вступі обґрунтовується актуальність дисертаційної роботи, розглянуто її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету й основні задачі роботи. Зазначено особистий внесок автора та апробація одержаних результатів які виносяться на захист.

Перший розділ містить стислий огляд історії відкриття ефекту гравітаційного лінзування. Наведено класифікація ефекту гравітаційного лінзування на прикладі прояву його у Всесвіті. Розглядаються деякі застосування ефекту гравітаційного лінзування для розв'язку деяких астрофізичних і космологічних задач. Приведено основні поняття та формули теорії гравітаційного лінзування.

У другому розділі наведено опис даних спостережень ГЛС SBS 1520+530. Викладено результати досліджень характеристик світлоприймальної апаратури телескопа АДТ-22 Майданакської астрофізичної обсерваторії.

Представлені в дисертаційній роботі матеріали спостережень гравітаційно - лінзованого квазара SBS 1520 + 530, що охоплюють період з 1999 по 2009 роки. Найбільша кількість зображень отримано у фільтрі R – більш ніж 2500, а також, більше 650 квадратів у V фільтрі та 530 зображень у фільтрі I.

Застосування декількох приймачів випромінювання під час тривалого моніторингу гравітаційно - лінзованих квазарів, що перебувають на межі точності вимірювання системи телескоп-ПЗЗ, змушує ретельно підходити до задачі попередньої обробки зображень. У розділі наведено методику попередньої обробки ПЗЗ зображень та показано результати її застосування для зображень гравітаційно лінзованого SBS 1520 + 530.

Третій розділ присвячений фотометрії зображень гравітаційно лінзованого квазару SBS 1520+530. Викладено підхід до вирішення завдання фотометрії неоднорідного ряду ПЗЗ зображень. Дано опис методу фотометрії, розробленого спеціально для дослідження слабких, компактних джерел що використовує всю доступну апіорну інформацію щодо об'єкту що досліджується та дозволяє отримати криві блиску з високою внутрішньою збіжністю. Даний метод показав хороший результат на неоднорідному спостережному матеріалі.

Представлені результати фотометрії зображень гравітаційно лінзованого квазара SBS 1520 + 530 у трьох оптичних смугах V, R, I, демонструють значні флуктуації блиску зображень квазару A і B у системі SBS 1520+530 з амплітудою близько 0.2^m .

Виявлено розбіжність кривих блиску компонентів SBS 1520 + 530, що пов'язане з ефектом мікролінзування. Величина цього ефекту відносно слабка та становить ≈ 0.04 зоряної величини на рук, однак, за час спостережень, величина розбіжності блиску компонента B відносно компонента A становить аж 0.6^m .

Корекція кривих блиску з урахуванням виявленого процесу мікролінзування та зазначені значні внутрішні флуктуації блиску квазару дозволили більш коректніше оцінити величину часу запізнення між двома зображеннями джерела-квазара. Величина часу затримки між зображеннями квазару А і В дорівнює 96.4 ± 3.5 дб.

Багатокольорові спостереження квазару дозволили уперше отримати залежність зміни показника кольору (V-I) лінзованого квазару SBS 1520+530 відносно зміни його блиску у смузі R, а також, залежність зміни показника кольору (V-I) від показника кольору (V-R) що характеризує закон поглинання світла в лінзуючій галактиці.

Розділ 4 присвячено моделюванню й аналізу гравітаційно лінзованої системи SBS 1520+530. Була побудована макромодель та отримано оцінки значення повної маси лінзуючої галактики, що становить $\approx 7 \cdot 10^{11}$ маси Сонця.

Нова оцінка часу запізнювання надала змогу розрахувати значення сталої Хабла, що дорівнює $66.5_{-6.0}^{+8.4}$ км · сек⁻¹ · Мпк⁻¹ і чудово узгоджується з останніми даними спостережень.

За результатами проведеного числового моделювання подій мікролінзування було оцінено розмір випромінюючої області квазара, а також оцінка найбільш ймовірної маси тіл, що беруть участь у процесі мікролінзування в системі SBS 1520+530.

Достовірність і обґрунтованість результатів досліджень підтверджується використанням добре апробованих методів теорії гравітаційного лінзування, узгодженістю із окремими результатами робіт та досліджень інших авторів.

Зауваження до тексту та змісту дисертації.

До недоліків роботи слід віднести невдалих або неточних формулювань, які іноді заважають сприймати матеріал, але в цілому не знижують високої оцінки наукового вмісту дисертації.

Отримані значення зміни показника кольору не враховують повільної зміни блиску компонентів за рахунок явища мікролінзування, що може вносити систематичну похибку в оцінки закону поглинання в лінзуючій галактиці.

Також необхідно звернути увагу на те, що оцінка значення сталої Хабла була отримана у рамках ймовірного закону розподілу речовини у лінзуючій галактиці. І хоча ця оцінка близька до значень, отриманих іншими методами, необхідно усвідомлювати, що вимірювання сталої Хабла за допомогою гравітаційного лінзування має свої обмеження.

Методи визначення розміру квазару за допомогою аналізу явища мікролінзування, як правило, дають завищені оцінки розміру акреційного диска, - у порівнянні з іншими методами, наприклад, отриманими за допомогою аналізу ширини емісійних ліній. Більш

того, автор явно вказує на те, що оцінка розміру квазару корелює з кількістю розподіленої частини матерії у лінзуючій галактиці. Тому необхідно зазначити, що отримані величини розміру зони випромінювання квазару є скоріше «оцінками зверху».

Загальні висновки

Перераховані недоліки не суттєві і не впливають на високий науковий рівень дисертації. Практична цінність роботи визначається, тим, що у ході виконання дисертаційної роботи були одержані унікальні результати за даними багатокольорових наземних спостережень гравітаційно - лінзованого квазару SBS 1520+530. Ці результати можуть у подальшому бути використані у дослідженнях мирової спільноти.

Загалом дисертаційна робота Сергєєва О. В. «Гравітаційно лінзована система SBS 1520+530: оптичні спостереження та моделювання» характеризується оригінальністю підходів у вирішенні поставлених завдань як при проведенні спостережень у оптичному діапазоні, так і при обробці їх результатів. Більшість результатів роботи є новими і важливими для астрофізики та космології. Методи, розроблені у роботі, можливо застосувати для дослідження інших гравітаційно лінзованих квазарів.

Вважаю, що дисертаційна робота «Гравітаційно лінзована система SBS 1520+530: оптичні спостереження та моделювання» цілком відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до кандидатських дисертацій, а її автор Сергєєв О. В. заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.03.02- астрофізика, радіоастрономія.

Завідувач відділу теоретико-групових
властивостей елементарних частинок,
теорії ядра та нелінійної динаміки
доктор фіз.-мат. наук

Ю.Л. Болотін

Підпис Ю.Л.Болотіна засвідчую
Зам .директора ІТФ ННЦ ХФТІ



Л.Н.Давидов