Міністерство освіти і науки України

Департамент освіти і науки виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації)

Комунальний позашкільний навчальний заклад

«Київська Мала академія наук учнівської молоді»

Номінація «Астроном-Юніор»

ТЕЗИ

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДЯСКРАВОГО ГАММА-СПАЛАХУ GRB221009A

Роботу виконала:

Пишна Олександра Максимівна,

учениця 10-Б4 класу

Товариства з обмеженою відповідальністю «Центр освіти «Оптіма»

Шевченківського району міста Києва

Науковий керівник:

Баранський Олександр Ростиславович,

старший науковий співробітник Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАНУ, кандидат біологічних наук

Київ-2023

У цій роботі представлені результати спостережень та фотометричного аналізу надяскравого гамма-сплеску GRB 221009A, який був зафіксований апаратом Swift-BAT 9 жовтня 2022 року. GRB (Gamma-ray burst) або гамма-спалахи – найяскравіші електромагнітні події у Всесвіті, під час яких відбуваються масштабні енергетичні викиди вибухового характеру в гамма діапазоні з типовою світністю L ~ 1051 – 1053 erg s-1.

GRB 221009A – надяскравий, довготривалий гамма-спалах із червоним зміщенням z ≈ 0.151. Даний гамма-спалах відбувся на відносно невеликій відстані від Землі ≈ 2.4 мільярди світлових років, і наразі вважається найяскравішим гамма-сплеском за всю історію спостережень, що робить цей об’єкт унікальним та важливим для вивчення. Зазвичай, оптичне післясвітіння гамма-сплесків видимі для спостережень відносно короткий проміжок часу, та швидко змінюють свою зоряну величину, що робить кожне спостереження особливим та цінним для загального аналізу. Таке явище, за оцінками, відбувається раз на десять тисяч років.

GRANDMA - Global Rapid Advanced Network devoted to the Multi-messenger Addicts. Восени 2022 року, мій науковий керівник – Олександр Ростиславович Баранський, запросив мене доєднатися до дослідницької групи, яка в Астрономічній Обсерваторії Київського Національного університету ім. Тараса Шевченка співпрацює з GRANDMA, для виконування ролі наукового секретаря та спеціаліста по фотометрії. Наша дослідницька група восени 2022 прийняла участь у спостережній кампанії «Get ready for O4» та наразі готується до спостережної кампанії «LIGO/Virgo O4» у травні 2023 року. Я прийняла участь у очній конференції GRANDMA у Парижі та у результаті спостережень даного об’єкту була опублікована стаття: GRANDMA: GRANDMA and HXMT Observations of GRB 221009A - the Standard-Luminosity Afterglow of a Hyper-Luminous Gamma-Ray Burst, де я та наша команда стали співавторами.

**Мета**: Спостереження, фотометричне опрацювання об’єкту GRB 221009А та інтеграція результатів наших спостережень у міжнародну базу даних GRANDMA; оцінка фізичних параметрів та аналіз можливості асоціації з надновою даного об’єкту.

**Завдання:**

1. Спостереження об’єкту GRB 221009А у рамках міжнародної колаборації GRANDMA
2. Аналіз різних фотометричних методик для транзієнтних об’єктів
3. Отримання власних результатів фотометрії GRB 221009A
4. Оцінка фізичних параметрів об’єкту
5. Аналіз ймовірної класифікації GRB 221009A

**Об’єкт**: GRB 221009A

**Предмет**: дослідження оптичного післясвітіння гамма-спалаху

Були проведені спостереження протягом чотирьох ночей на спостережній станції Астрономічної Обсерваторії Київського Національного університету ім. Тараса Шевченка в Лісниках у фільтрах R та I в рамках міжнародної колаборації GRANDMA. У результаті власних спостережень, мною була проаналізована методика вибору опорних зір та розміру апертури у фотометрії транзієнтних об'єктів, зокрема гамма-сплесків, отримані з використанням певних комп'ютерних програм результати фотометрії.

Розраховані фізичні параметри об’єкту:

***М*** – абсолютна зоряна величина

***L*** - світність

***Ep,z*** – пікова енергія відносно спокою

***Еγ,iso*** - ізотропна болометрична енергія випромінювання

***tb, z*** - час розриву джету

***ΔΩ*** – тілесний кут джету

***fb*** – коефіцієнт корекції по напрямку джету

***Eγ*** - джето-підкоректована болометрична енергія випромінювання

***Lγ,p,iso*** – ізотропічна болометрична пікова світність

***θj*** – кут розкриття джету

***Г***– фактор Лоренца під час розриву джету

Також, за допомогою коду на мові програмування python – **afterglowpy**, я зробила моделювання кривої блиску оптичного післясвітіння, на основі параметрів Top-Hat моделі джету та спостережень на спостережній станції «Лісники», що в результаті дало мені значення фізичних параметрів: ***p*** – індекс енергетичного розподілу електронів та ***θobs***- кут огляду, та дало можливість оцінити точність розрахованих мною параметрів на основі формул кореляцій. За допомогою розрахованих фізичних параметрів, визначено, що, вірогідно, GRB 221009A є найяскравішим гамма-сплеском за всю історію спостережень. Також, мною було оцінено значення поглинання галактичного пилу за координатами даного об’єкту у системах SF11 та SFD.

**Результати та висновки:**

1. Ми спостерігали GRB 221009A протягом 5 днів. За цей час, блиск зменшився від 18.31m до 20.48m у R фільтрі та від 18.14m до 20.13m в І фільтрі. Похибка варіює з 0.03m до 0.46m (R фільтр) та з 0.01m до 0.98m (I фільтр). За добу об’єкт послаблювався на ≈ 0.85m. Результати наших спостережень були внесені в групову статтю GRANDMA: GRANDMA and HXMT Observations of GRB 221009A - the Standard-Luminosity Afterglow of a Hyper-Luminous Gamma-Ray Burst, де я стала співавтором
2. Розраховані фізичні параметри об’єкту за допомогою формул та моделювання в afterglowpy:

Ep (keV) = 1060

Ep,z (keV) = 1220

Eγ,iso (erg) = 1.84·1054

Eγ (erg) = 3.80·1051

Lγ,p,iso (erg s-1) = 3.97·1053

θj (радіани) = 0.06

fb (радіани2) = 0.0018

р = 2.47

θobs (радіани) = 0.1

1. Я розрахувала, що поглинання галактичного пилу для системи SF11 становить: Av = 4.1034 (mag), а для системи SFD: Av = 4.7714 (mag) Визначено, що GRB 221009A – найяскравіший гамма-сплеск за всю історію спостережень, у результаті порівняння параметрів Еγ,iso та Lγ,p,iso з минулим надяскравим гамма-спалахом - GRB080319
2. GRB 221009A вірогідно має асоціацію з надновою з вторинним спалахом наднової за ≈ 8.5 днів після відкриття, зі світністю ≈ L=(9.45±2.8)·1042 erg/s, але наразі асоціація даного гамма-спалаху з надновою залишається відкритим питанням
3. Ймовірною причиною даного гамма-сплеску є гіпернова Iс широкосмугового типу, яка коллапсувала у чорну діру з гіперакрецією.