

ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ І ОСВІТИ  
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ДЕРЖАВНОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ

КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК»  
ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ»

ХАРКІВСЬКЕ ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ  
МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В.Н. КАРАЗІНА



**Тези XIV Барабашовських обласних  
наукових читань з астрономії учнів та студентів  
06 квітня 2019 року**

Харків



## Скануючий спектрометр M<sup>3</sup> як інструмент для вивчення мінералогії поверхні Місяця

*Сурков Є.С., аспірант кафедри астрономії та космічної  
інформатики, фізичного факультету, ХНУ ім. В.Н. Каразіна*

Дані скануючого спектрографу M<sup>3</sup>, встановленого на борту космічного апарату Chandrayaan-1, мають вигляд гіперспектральних зображень, що складаються з 85 окремих зображень у вузьких світлофільтрах в діапазоні від 0.54 до 3.0μm з просторовою здатністю ≈200 м/піксель, та охопленням понад 95% поверхні Місяця. У цьому спектральному діапазоні розташовуються спектральні особливості, які виникають при взаємодії атомів з їхнім оточенням, наприклад, кристалічним полем [1]. При зазначених характеристиках, дані M<sup>3</sup> відкривають істотно нові можливості для визначення та картування параметрів спектральних полос (напр., положення мінімуму та глибини полоси поглинання).

Нажаль, дані M<sup>3</sup> у всіх спектральних каналах спотворені артефактом, що на зображенні має вигляд довгих вертикальних смуг товщиною в 1 піксель (рис.1б), а у спектрах проявляється наявністю великої кількості вузьких полос поглинання, що унеможлиблює їхню чисельну обробку. У роботі [2] нами запропоновано двоетапний метод обробки даних M<sup>3</sup>, який дозволяє суттєво зменшити прояв артефакту. Першим етапом є згортка спектра з функцією Гауса у кожному пікселі; на другому етапі проводиться обробка спектрів потужності зображення (Рис1.а) у кожному спектральному каналі.

Для верифікації можливостей якісного/кількісного визначення мінералогічного складу поверхні за даними M<sup>3</sup> було досліджено карти положень мінімумів смуг поглинання піроксенів біля 1 та 2μm.

Дані смуги обумовлені d-d-переходами електронів між іонами  $\text{Fe}^{2+}$ . Атом заліза має зовнішню незаповнену d-оболонку, яка містить 5 орбіталей різної форми з однаковою енергією. Внаслідок розміщення  $\text{Fe}^{2+}$  у кристалічній ґратці кожна d-орбіталь збурюється сусідніми атомами по-різному через їх різну форму, таким чином знімається енергетичне виродження та стають можливими e<sup>-</sup>-переходи. Ширина енергетичної щілини суттєво залежить від параметрів кристалічного поля, наприклад, геометрії комірки. Нами отримано діаграму Адамса [4] за лабораторними даними RELAB та орбітальними  $M^3$ . У [2] за побудованою діаграмою ділянки навколо гір Агріколи було визначено та картовано області піроксенів та вулканічного скла, що демонструє можливості використання  $M^3$  як інструмента для визначення якісного мінералогічного складу поверхні.

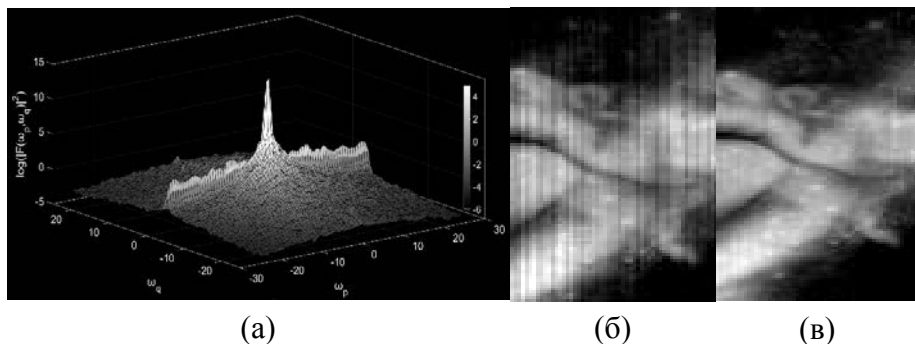


Рис. 1: (а) спектр потужності; частина зображення фрагменту Рейнер-Гамма [3] у спектральному каналі  $0.95\mu\text{м}$  до (б) та після (в) застосування обробки

Іншим важливим результатом досліджень оброблених даних  $M^3$  для кратеру Пліній та його оточення було виявлення кореляції просторового розподілу глибини широкої  $1.5\mu\text{м}$  полоси із вмістом  $\text{TiO}_2$  в реголіті [5]. Проаналізовано кореляцію глибини та альbedo,

після чого зазначену полосу було інтерпретовано як полосу поглинання ільменіту ( $\text{FeTiO}_3$ ). Її механізм формування - перенос заряду (IVCT)  $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Ti}^{4+}$  [1]. За сучасними уявленнями, d-орбіталі іонів  $\text{Fe}^{2+}$  та  $\text{Ti}^{4+}$ , розташованих у сусідніх сайтах решітки перекриваються, що призводить до делокалізації електронів між цими катіонами, формуванні т.з. молекулярної орбіталі. Burns у [1] відмічає, що глибина полоси залежить саме від вмісту  $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{Ti}^{4+}$  пар, ніж від концентрації окремих іонів. Цей факт також є підтвердженням ільменітової гіпотези формування полоси біля 1.5  $\mu\text{m}$ , та дає можливість кількісного визначення вмісту ільменіту у реголіті за даними  $M^3$ .

1. Burns R. (1993) *Mineralogical Applications of Crystal Field Theory*. Cambridge Univ. Press, Cambridge 459 p.
2. Shkuratov Yu. et al. (2019) *Icarus* 321, 34-49.
3. [pds-imaging.jpl.nasa.gov/data/m3](https://pds-imaging.jpl.nasa.gov/data/m3)
4. Adams J.B. (1974) *J. Geophys. Res.* 79(32), 4829 – 4836
5. Surkov Ye. et al. (2019) *LPSC*, 50<sup>th</sup>, No:1026

## **Автоматизована відео-спектрографічна система в Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна для аналізу основних елементів метеоритів**

*Голубасв О., Петренко А., студент 4-го курсу кафедри астрономії та космічної інформатики фізичного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна, Мозгова А.*

У 2018 році було розроблено і сконструйовано спостережний комплекс (автоматизований відео-спектральний метеоритний патруль)

для отримання кінематичних і фізичних характеристик метеорних тіл та визначення їх хімічного складу. Проведено тестування у режимі астрономічних спостережень з метою виявити технічні можливості пристрою. У даній роботі викладено деякі перші результати тестування пристрою. Створений апаратний комплекс розширює не тільки матеріальну і наукову, але й навчально-наукову бази НДІ астрономії. Він використовуватиметься у навчальному процесі на кафедрі астрономії та космічної інформатики ХНУ імені В.Н. Каразіна під час проведення практичних та лабораторних занять, виконання бакалаврських і магістерських робіт та розробці новітніх методик дистанційного дослідження астрономічних об'єктів Сонячної системи.

### **Диски у ближайших к Солнцу звезд**

***Рычагова В.В., студентка 3-го курса кафедры астрономии и  
космической информатики физического факультета  
ХНУ имени В.Н. Каразина, Захожай В.А.***

Околосветные диски могут образовываться у звезд на начальных и конечных (как правило, в окрестностях компонентов тесных двойных звезд) стадиях эволюции. Остаточные (экзозодиакальные) и вторичные (в виде астероидных колец) диски могут быть у звезд и субзвезд на всех этапах их эволюции.

Приводятся результаты по поиску в различных астрономических базах [1, 2] данных о дисках, которые были открыты у звезд, находящиеся от Солнца в пределах 10 пк. Было выявлено 10 околосветных дисков, половина из которых зафиксированы в виде прямых изображений, вторая половина –

проявили себя в виде ИК- избытков в распределении энергии в спектре центральных звезд. Ещё одна звезда, □ Зайца, находящаяся в пределах 10 пк, в которой ранее указывалось наличие ИК-избытка, интерпретированного наличием околозвездного диска [3], не подтвердилось в процессе её дальнейшего исследования [4].

Как следует из проведенного анализа, в центре выявленных дисков находятся звезды исключительно главной последовательности спектральных классов А, G, K, M, с возрастом от 12 млн до 10 млрд лет. Самая молодая из них звезда AU Микроскопа, по-видимому, всё ещё содержит первичный протопланетный диск. □ Эридана, Вега и Фомальгаут, возраст которых не превышает 800 млн лет, содержат переходные диски (экзозодиакальные и вторичные) и у некоторых из них экзопланеты, завершающие стадию протопланет. У остальных звезд природу вторичных дисков следует связать с астероидными телами; пылевая составляющая, по-видимому, аналогична пыли в Солнечной системе, которая проявляется в виде Зодиакального света, а открытые экзопланеты в этих системах являются уже сформировавшимися планетами, поскольку их возраст находится в пределах от 5,8 (τ Кита) [5] до 9,9□3,9 (HD 20794) [5, 6] млрд лет.

1. SIMBAD // <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-id?Ident=zkh+7&submit=submit+id>
2. Extrasolar Planets Encyclopedia // <http://exoplanet.eu/catalog-all.php?&munit=&runit=&punit=&mode=-14&more=>
3. Захожай В. А., Захожай О. В. // Кинем. и физ.неб.тел, 2010, Т. 26, № 1. С. 3.
4. Montesinos, B. et al. // Astron. Astrophys., 2016. Vol. 593. P. 31.
5. Mamajek, E.E., Hillenbrand L.A. // Astrophys. J., 2008. Vol. 687 (2). P. 1264.

6. Holmberg, J., Nordstrom, B., Andersen, J. // Astron. Astrophys., 2009. Vol. 501 (3). P. 941.

## **Калібрування залежності «ПЕРІОД-СВІТІМІСТЬ» цефеїд на основі другого релізу даних місії GAIA**

*Петренко О.Ю., учениця 10 класу Харківської гімназії № 13 Харківської міської ради Харківської області. Слюсарев І.Г., старший викладач кафедри астрономії та космічної інформатики фізичного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна, кандидат фізико-математичних наук*

У зір, зокрема і Сонця, в процесі еволюції поступово змінюються фізичні характеристики, у тому числі і блиск. Проте еволюційні зміни відбуваються настільки повільно, що безпосередньо помітити їх неможливо. У той же час існують зорі, які з тих або інших причин змінюють свій блиск досить швидко. Вони називаються змінними зорями. Їх вивчення приносить важливу інформацію про властивості зірок. 10 вересня 1784 Едвард Піггот виявив мінливість  $\eta$  Водолія, першого відомого представника класу класичних змінних цефеїд. Проте, однойменної зорею для класичних цефеїд є  $\delta$  Цефея, яку кілька місяців по тому виявив Джон Гудрайк. Дослідження цефеїд бурхливо розвивається протягом останніх 10 років. Астрономи називають їх маяками Всесвіту, адже ці небесні тіла допомагають визначати відстані до віддалених космічних об'єктів, наприклад, галактик. Ця характеристика класичних цефеїд була відкрита у 1908 році після вивчення тисяч змінних зірок у Магелланових хмарах. Це відкриття дозволяє дізнатися справжню світимість цефеїди, просто спостерігаючи її пульсаційний період.



Це, в свою чергу, дозволяє визначити відстань до зір, порівнюючи його відому яскравість із спостережуваною яскравістю. Це можливо зробити встановивши залежність між періодом пульсації і світністю зірки та порівнявши останню з її видимим блиском. Таким чином об'єктом нашого дослідження стали цефеїди, а результатом, який ми бажаємо отримати – це віднайти калібрування залежності між періодом і світністю цефеїд, використовуючи дані другого релізу місії Гайя.

У роботі було стисло розглянуто різноманітні типи цефеїд, описано механізм пульсацій, їх основні фізичні властивості, більш детально було розглянуто карликові цефеїди, а саме змінні типу  $\delta$  Sct. Стисло виконано огляд роботи супутника Gaia DR2. У процесі виконання роботи були використані такі каталоги як: Загальний Каталог змінних зір, каталог Gaia DR2, каталог Pan-STARRS DR1, із яких були взято координати та знайдені до них паралакси, період, відстань, похибку паралаксу, похибку відстані, видиму зоряну величину у різних фільтрах.

Автором було зроблено спробу виконати нову калібрровку залежності між періодом та світністю карликових цефеїд типу  $\delta$  Sct. Було використано загальний каталог змінних зір, з якого були вибрані усі змінні, які класифіковано, як змінні типу  $\delta$  Sct. Всього їх було 265 зір. Для ста з них із каталогу Gaia DR2 були взяті паралакси з їх похибками. Також були розраховані відстані до цих змінних. Далі, використовуючи фотометричний каталог Pan-STARRS DR1, для цих же змінних були взяті видимі зоряні величини у фільтрах g, r, i, z та із відповідними похибками. Використовуючи взяті дані були розраховані абсолютні зоряні величини у відповідних фільтрах. Був побудований графік залежності між періодом та світністю. Не дивлячись на велику розбіжність точок на графіку, ми бачимо лінійну залежність період-

світність, яка можлива, але не у логарифмічній системі. Було отримано рівняння регресії та відповідні його коефіцієнти.

## **Створення телескопу в домашніх умовах**

*Сазонов В.С., учень 10 класу Бірківської загальноосвітньої школи  
I-III ступенів Зміївської районної ради Харківської області.*

*Колісник А.С., студент третього курсу фізичного факультету  
ХНУ імені В.Н. Каразіна*

Шкільний курс фізики спирається на експеримент, що і викликає в учнів інтерес до науки. Та добре відомо, що для проведення будь якого експерименту чи то дослідження необхідні прилади.

Метою даної роботи є: теоретичне обґрунтування можливості створення телескопу, покращення навичок роботи з простими фізичними приладами та підвищення рівня знань та дослідницьких навиків учнів.

Завданнями роботи є: аналіз наукової, методичної літератури та інтернет-джерел щодо можливостей виготовлення телескопу в домашніх умовах, розробка рекомендацій з виготовлення приладу, поповнення матеріально-технічної бази кабінету фізики.

Проведені нами дослідження, аналіз наукової літератури та інтернет-джерел щодо розробки інструкцій та рекомендацій стосовно створення телескопу в домашніх умовах дали можливість реалізувати поставлені перед нами завдання та досягти поставленої мети.

Основною частиною телескопу є об'єктив. Для виготовлення об'єктива використали дві лінзи діаметром 70 мм, з оптичною силою

1.5 та 2 дптр, які закріпили в тримачі, так щоб оптичні центри були паралельні, але щоб вони не доторкались одна до одної. При виготовленні тримача для лінз були використані промислові станки. Порожнину між лінзами заповнимо толуолом, тому що коефіцієнт дисперсії (коефіцієнт Аббе) становить  $\approx 30$ , що задовольняє проведеним розрахункам.

Вимірявши фокусну відстань об'єктива ми легко можемо знайти розміри основної труби телескопу. Провівши експеримент ми встановили, що фокусна відстань дорівнює 700 мм, а отже наша труба матиме відповідну довжину. Для виготовлення скористаємось пластиковою трубою, що має відповідний діаметр та необхідну довжину.

Наступним кроком є розрахунок розмірів фокусуючої труби, яка і є тримачем для окуляра.

Скориставшись формулою 1, отримаємо довжину фокусуючої труби  $l = 60$  мм.

$$l = \frac{(D_{\text{вн.труб}} - D_{\text{ок}})f}{d} \quad (1)$$

де  $l$  – довжина фокусуючої труби;

$D_{\text{ок}}$  – діаметр окуляра (10 мм);

$D_{\text{вн.труб}}$  – внутрішній діаметр фокусуючої труби (16 мм);

$f$  – фокусна відстань об'єктива (700 мм);

$d$  – діаметр лінзи (70 мм).

Для закріплення фокусуючої труби в основній використаємо пінопласт товщиною  $\geq 30$  мм.

Наступним кроком є перехід до виготовлення телескопу. Кінцевий вигляд телескопу приведено на рисунку 1.



Рис. 1 Модель телескопу

Перспективність даної роботи вбачаю у використанні телескопа для спостережень за космічними об'єктами та досліджень фізичних законів та явищ, що в свою чергу призведе до популяризації астрономії та зробить науку більш цікавою та захопливою.

### **Подвійні астероїди: фізичні властивості та гіпотези про їх утворення**

*Половко К.О., учень 10 класу Харківської гімназії № 47 Харківської міської ради Харківської області. Слюсарев І.Г., старший викладач кафедри астрономії та космічної інформатики фізичного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна, кандидат фізико-математичних наук*

Перша частина роботи присвячена історії вивчення подвійних астероїдів за останні роки їх спостереження та методам їх відкриття.

У другій частині приділяється увага опису методів, за допомогою яких можна виявити супутник у астероїда (за допомогою космічних апаратів, адаптивної оптики на наземних телескопах, радарх та аналізу кривих блиску). У третій частині роботи охарактеризували популяцію подвійних астероїдів та розраховали радіус сфери Хілла. У четвертому розділі спробували розрахувати значення періоду головного тіла, яке б воно мало у момент відриву від нього супутника, внаслідок набуття кутової швидкості, достатньої для розриву тіла. Також ми розраховували радіус сфери впливу астероїдів.

**Предмет дослідження:** подвійні астероїди.

**Об'єкт дослідження:** подвійні астероїди, супутники яких мають розміри у діапазоні від 20 – 100% головного тіла.

**Мета роботи:** дослідити можливі причини відсутності супутників астероїдів з орбітальними періодами менше 10 годин.

## **Пошук місця утворення астероїда (101955)**

### **BENNU – цілі місії OSIRIS-REX**

**Бубнов А.І.**, учень 10 класу Комунального закладу «Обласна спеціалізована школа-інтернат II-III ступенів «Обдарованість» Харківської обласної ради». *Слюсарев І.Г.*, старший викладач кафедри астрономії та космічної інформатики фізичного факультету ХНУ імені В.Н. Каразіна, кандидат фізико-математичних наук

Дана робота присвячена астероїду (101955) Bennu та космічній місії OSIRIS-REx, що його досліджує та має повернути зразки

реголіту з його поверхні. У роботі розглядається сама місія, її цілі, обладнання космічного апарата та властивості самого астероїда.

Також у роботі розглядається важливе питання, пов'язане зі спектральними властивостями астероїда, а саме з визначенням класу астероїда та місця походження самого астероїда, де він утворився, до якої сім'ї його можна віднести та як він став АНЗ.

Основна мета цієї роботи – провести порівняльне дослідження між спектрами примітивного АНЗ (101955) Bennu і видимими спектрами примітивних сімейств у внутрішньому поясі, які розглядаються як найбільш ймовірний регіон джерела цих АНЗ. Детальне порівняння показників кольору, спектральних даних та поляриметричних даних дозволяє зробити більш надійні припущення про місце походження цього АНЗ, а інформація, що власне зараз отримується космічною місією OSIRIS-REx, може допомогти краще розуміти, якими можуть бути властивості, його спектральних аналогів у батьківському сімействі.

Оскільки однією із цілей місії є безпосереднє вимірювання ефекту Ярковського, який, як передбачається, був причиною переходу (101955) Bennu із головного поясу до популяції АНЗ, у роботі наведено розрахунки величини цього ефекту. Написано відповідну програму на мові C++.

Предмет дослідження: примітивний вуглецевий астероїд Bennu та астероїди В і F-типу головного поясу.

Задачі:

- ознайомитися з місією OSIRIS-REx;
- навести основні характеристики астероїда (101955) Bennu;
- оцінити спектральний тип та походження астероїда.

Результати дослідження:

- опис властивостей астероїда (101955) Bennu;
- оцінка спектрального типу та місця походження астероїда;

- кількісна оцінка величини ефекту Ярковського;
- ознайомлення з місією OSIRIS-REx та її цілями.

**Наші контакти:**

Комунальний заклад «Харківська обласна Мала академія наук  
України Харківської обласної ради»  
(м. Харків, вул. Скрипника, 14)

**Сайт:** [oblman.kharkov.ua](http://oblman.kharkov.ua)

**E-mail:** [oblman@dniokh.gov.ua](mailto:oblman@dniokh.gov.ua)