Додаток 7

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра астрономії та космічної інформатики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Декан (директор навчально-наукового інституту) фізичного факультету
(вказати назву структурного підрозділу)

Руслан ВОВК
(вказати П.І.Б керівника)

"30" серпня 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Обробка астрономічних зображень
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістерський
/
галузь знань 04. Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104. Фізика та астрономія
(шифр і назва)
освітня програма астрономія та космічна інформатика
(шифр і назва)
спеціалізація астрономія та космічна інформатика
(шифр і назва)
вид дисципліни обов'язкова
(обов'язкова / за вибором)
факультет фізичний

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету (інституту, центру)

"___30___" _____серпня _____ 2023_ року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Ахметов В. С., канд. фіз.-мат наук, викладач кафедри астрономії та космічної інформатики

Програму схвалено на засіданні кафедри астрономії та космічної інформатики

Протокол від "_28__"___серпня_____2023 року № _1

Завідувач кафедри астрономії та космічної інформатики

_____ Шкуратов Ю. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) _____«Астрономія»_____
назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи) _____«Астрономія та космічна інформатика»__

_____ _Шкуратов Ю.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
_____фізичного факультету_____
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від "_29__"_____серпня_____2023_ року № _7_

Голова методичної комісії___фізичного факультету_____

_____ _Макаровський М. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ **Обробка астрономічних зображень** ” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки
_____магістр_____
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)
спеціальності (напряму) _____104 фізика та астрономія _____
освітня програма _____астрономія та космічна інформатика _____
спеціалізації
_____астрономія та космічна інформатика _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни
Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з теоретичними та практичними основними обробки астрономічних зображень

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни
1) засвоєння студентами теоретичних основ обробки астрономічних зображень;
2) засвоєння студентами основних методів обробки астрономічних зображень;
3) засвоєння студентами практичних навичок роботи з програмним забезпеченням, що реалізує методи обробки астрономічних зображень
4) ознайомлення з прийомами обробки та аналізу реальних даних наземних та космічних спостережень.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:
• Здатність розв’язувати складні задачі і проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності та/або в процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог. (ІК).
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК1).
- Знання та розуміння предметної області та розуміння предметної діяльності. (ЗК2).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК3).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК4).
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. (ЗК5).
- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. (ЗК6).
- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та астрономії. (СК2).
- Здатність комунікувати з колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та астрономії. (СК4).
- Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними , а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв’язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях. (СК5).
- Здатність розробляти наукові та прикладні проєкти, керувати ними і оцінювати їх на основі фактів. (СК6).
- Здатність організовувати освітній процес та проводити практичні і лабораторні заняття з фізичних та астрономічних навчальних дисциплін у закладах вищої освіти. (СК7).
- Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв’язання, беручи до уваги наявні ресурси. (СК8).
- Здатність робити наукові узагальнення та осмислення результатів наукових досліджень,

співвідносити висновки із положеннями сучасних фізичних та астрономічних теорій. (СК9).

- Здатність ефективно використовувати на практиці сучасні теорії та методи управління наукою та ділового адміністрування. (СК10).

1.3. Кількість кредитів: 5

1.4. Загальна кількість годин: 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
4-й	-й
Лекції	
0 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
44 год.	год.
Самостійна робота	
106 год.	год.
Індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

знати: а) теоретичні основи космічної картографії;

б) базові принципи картографічного методу у астрономії.

вміти: а) працювати з основними базами даних космічних місій та наземних спостережень;

б) отримувати ефемериди для обробки даних спостережень за допомогою системи JPL HORIZONS;

в) проводити трансформацію картографічних проекцій та експрес-аналіз зображень за допомогою програмного комплексу xIRIS.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та астрономії для розв’язання складних задач і практичних проблем. (ПРН1).
- Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень. (ПРН2).
- Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та астрофізичних досліджень і оцінювання їх достовірності. (ПРН4).
- Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних астрономічних явищ, об’єктів і процесів. (ПРН5).
- Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напряму астрофізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді. (ПРН7).
- Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напряму фізики та

астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами. (ПРН9).

- Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. (ПРН10).
- Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач. (ПРН11).
- Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей астрофізичних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименті і спостережень. (ПРН12).
- Розробляти та викладати фізичні та астрономічні навчальні дисципліни в закладах вищої, фахової передвищої, професійної (професійно- технічної), загальної середньої та позашкільної освіти, застосовувати сучасні освітні технології та методики, здійснювати необхідну консультативну та методичну підтримку здобувачів освіти. (ПРН14).
- Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження. (ПРН15).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Теоретичні основи космічної картографії

Тема 1. Введення в картографію.

Зміст: Картографія. Карта. Особливості картографії космічних тіл. Картографічний метод досліджень. Класифікація картографічних проекцій.

Тема 2. Перспективна картографічна проекція.

Зміст: Класифікація проекцій за характером спотворень проекції. Класифікація проекцій за способом побудови картографічної нормальної сітки. Приклади проекцій. Демонстрація роботи з програмами перетворення проекцій.

Тема 3. Перспективна картографічна проекція для випадку сферичної планети.

Зміст: Схема побудови косою зовнішньої перспективної проекції. Параметри, що задають косу зовнішню перспективну проекцію. Перехід від прямокутних координат на площині перспективній проекції до планетографічним координатам для випадку сферичної планети. 4. Зворотне перетворення.

Тема 4. Перспективна картографічна проекція для випадку планети довільної форми.

Зміст: Постановка задачі. Основні системи координат. Параметри, що задають проекцію. Перехід від прямокутних координат на площині перспективної проекції (на зображенні) до планетографічних координат. Перехід від планетографічних координат до прямокутних координат на площині перспективній проекції (на зображенні).

Розділ 2. Програмне забезпечення та ресурси для космічної картографії

Тема 5. Програмний комплекс xIRIS.

Зміст: Місце xIRIS серед іншого ПЗ. Базові принципи xIRIS. Рівні використання xIRIS. Архітектура xIRIS з точки зору програміста. Архітектура xIRIS з точки користувача. Практична робота з програмним комплексом xIRIS.

Тема 6. Формат астрономічних файлів даних FITS.

Зміст: Короткий огляд формату FITS. Приклади FITS-файлів, що використовуються системою xIRIS. Приклад FITS-заголовка файлу космічних даних (LRO WAC).

Тема 7. Ефемеридне забезпечення наземних спостережень планет (JPL HORIZONS).

Зміст: Ефемеридне забезпечення наземних спостережень планет (HORIZONS system). Приклад обробки наземних фотометричних спостережень Місяця.

Тема 8. The Planetary Data System (PDS).

Зміст: The Planetary Data System (PDS) – архів даних планетарних місій NASA. Дані Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) в системі PDS. Картографія в PDS. Приклади зображень в різних проекціях.

Тема 9. SPICE – ефемеридне забезпечення космічних місій.

Зміст: SPICE – ефемеридне забезпечення космічних місій. SPICE ядра LRO. Робота зі SPICE в xIRIS.

Розділ 3. Практичне застосування картографічного метода в астрономії

Тема 10. Дослідження кореляційного зв'язку між ступенем лінійної поляризації та альбедо місячної поверхні.

Зміст: Фотометричні та поляриметричні характеристики поверхні Місяця. Закон Умова. Приведення карт альбедо *A* та ступеня лінійної поляризації *P* до стандартних умов. Побудова та аналіз кореляційної діаграми *P* vs *A*.

Тема 11. Картографічний аналіз даних камери LROC WAC.

Зміст: Короткий огляд КА Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO). Огляд Narrow Angle Camera (NAC). Огляд Wide Angle Camera (WAC). Дані камер LROC WAC і NAC. Первинна обробка даних камери LROC WAC. Побудова карт оптичних характеристик поверхні Місяця за даними камери LROC WAC. Побудова карт кольору і фазових відношень. Аналіз цих карт.

Тема 12. Відновлення інформації про рельєф Місяця з кольорових зображень LROC WAC.

Зміст: Постановка задачі. Обчислення локальних висот з паралактичних зсувів. Відновлення параметрів оптичної системи камери WAC (дисторсія, положення оптичного центру, нахил ПЗЗ та інше). Результати обчислень. Порівняння результатів з даними DTM та LOLA.

Тема 13. Побудова безшовних мозаїк альбедо поверхні Місяця за даними LROC WAC.

Зміст: Постановка задачі. Алгоритм. Прогноз хімічного складу місячного ґрунту. Навіщо потрібен Місяць?

Тема 14. Застосування картографічного метода для обробки даних "Venus Monitoring Camera КА Venus Express".

Зміст: Постановка задачі. Підготовка даних VMC для аналізу. Дистанційне зондування атмосфери. Дистанційне зондування поверхні.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Теоретичні основи космічної картографії												
Тема 1.	6			2		4						
Тема 2.	6			2		4						
Тема 3.	6			2		4						
Тема 4.	6			2		4						
Разом за розділом 1	24			8		16						
Розділ 2. Програмне забезпечення та ресурси для космічної картографії												
Тема 5.	26			8		18						
Тема 6.	6			2		4						
Тема 7.	6			2		4						
Тема 8.	12			4		8						
Тема 9.	6			2		4						
Разом за розділом 2	56			18		38						
Розділ 3. Практичне застосування картографічного метода в астрономії												
Тема 10.	14			4		10						
Тема 11.	16			4		12						
Тема 12.	14			4		10						
Тема 13.	14			4		10						
Тема 14.	12			2		10						
Разом за розділом 3	70			18		52						
Усього годин	150			44		106						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Введення в картографію.	2
2	Перспективна картографічна проекція.	2
3	Перспективна картографічна проекція для випадку сферичної планети.	2
4	Перспективна картографічна проекція для випадку планети довільної форми.	2
5	Програмний комплекс xIRIS.	8
6	Формат астрономічних файлів даних FITS.	2
7	Ефемеридне забезпечення наземних спостережень планет (JPL HORIZONS).	2
8	The Planetary Data System (PDS).	4
9	SPICE – ефемеридне забезпечення космічних місій.	2
10	Дослідження кореляційного зв'язку між ступенем лінійної поляризації та альбедо місячної поверхні.	4
11	Картографічний аналіз даних камери LROC WAC.	4
12	Відновлення інформації про рельєф Місяця з кольорових зображень LROC WAC.	4

13	Побудова безшовних мозаїк альбедо поверхні Місяця за даними LROC WAC.	4
14	Застосування картографічного метода для обробки даних “Venus Monitoring Camera КА Venus Express”.	2

5. Завдання для самостійна роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Введення в картографію.	4
2	Перспективна картографічна проекція.	4
3	Перспективна картографічна проекція для випадку сферичної планети.	4
4	Перспективна картографічна проекція для випадку планети довільної форми.	4
5	Програмний комплекс xIRIS.	18
6	Формат астрономічних файлів даних FITS.	4
7	Ефемеридне забезпечення наземних спостережень планет (JPL HORIZONS).	4
8	The Planetary Data System (PDS).	8
9	SPICE – ефемеридне забезпечення космічних місій.	4
10	Дослідження кореляційного зв'язку між ступенем лінійної поляризації та альбедо місячної поверхні.	10
11	Картографічний аналіз даних камери LROC WAC.	10
12	Відновлення інформації про рельєф Місяця з кольорових зображень LROC WAC.	10
13	Побудова безшовних мозаїк альбедо поверхні Місяця за даними LROC WAC.	10
14	Застосування картографічного метода для обробки даних “Venus Monitoring Camera КА Venus Express”.	10
	Разом	106

6. Індивідуальні завдання

7. Методи навчання

Лекції, лабораторні, індивідуальні завдання та самостійна робота.

8. Методи контролю

Поточний контроль на лекціях, перевірка лабораторних робіт, контрольні роботи, здача розрахункової роботи, кінцевий залік.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Екзамен	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		

Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11	Т12	Т13	Т14					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	28	1	1	0	0	60	40	100

Т1, Т2 ... Т14 – теми розділів.

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 40 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Користуючись загальними критеріями оцінювання рівня сформованості знань, умінь та навичок, ступеня сформованості системи професійних компетенцій осіб, які навчаються для здобуття освітнього ступеня бакалавра, встановленими Міністерством освіти і науки України, виходячи зі Стандарту вищої освіти бакалавра Міністерства освіти і науки України за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія та його складової «Засоби діагностики якості вищої освіти», та у відповідності до Положення про організацію навчального процесу в Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна встановлюються такі вимоги до проведення та критерії оцінювання заліку зі спецкурсу «Обробка астрономічних зображень»:

1. Залікова робота проводиться у письмовій формі.
2. Термін виконання завдань дві аудиторні години, після чого студент передає відповідь викладачу.
3. Оцінка за виконання залікової роботи виставляється за шкалою оцінювання від 1 до 20 балів.
4. Оцінка за весь семестр роботи виставляється за шкалою оцінювання від 1 до 100 балів, як сума балів за навчальну діяльність студента протягом семестру, бали за контрольну роботу та залікову роботу.

Бали	Критерії оцінювання виконання завдань
90-100 Балів	Всі лабораторні роботи здані і для більшості отримано максимальну кількість балів. Відповідь на контрольні та залікові питання правильна, обґрунтована, логічна, містить аналіз і систематизацію, зроблені аргументовані висновки.
70-89 Балів	Всі лабораторні роботи здані. У відповідях на контрольній та заліковій роботах відтворюється значна частина питання. Студент виявляє знання і розуміння основних положень з навчальної дисципліни, певною мірою може аналізувати матеріал, порівнювати та робити висновки.
50-69 Балів	Здані не всі лабораторні роботи. Відповіді на контрольній та заліковій роботах відтворюють основні положення питання на рівні запам'ятовування без достатнього розуміння.
0-49 Балів	Здані окремі лабораторні роботи. Відповіді на контрольній та заліковій роботах дані неправильно, безсистемно, з грубими помилками, відсутні розуміння основної суті питань.

5. Студенту зараховується залік, якщо кількість балів складає не менше 50.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Шевченко В.Г. Методичні вказівки до спецкурсу «Комп'ютерні технології в астрономії». Харків. 2011. 40 с.
2. Грецький А.М., Шевченко В.Г. Методичні вказівки до проведення астрофізичної практики. // ХНУ ім. Каразіна. Харків. 2008. 36 с.
3. Зоряні атласи GSC–2, USNO–A2, Aladin. 2017. Електронні версії.
4. Howell S. B. Handbook of CCD-photometry. Cambridge University Press. Cambridge. UK. – 2000.
5. Shor V.A., Chernetenko Yu.A., Kochetova O.M. et al. AMPLE – integrated multi-purpose software package for Minor Planets and Comets. St. P. 2012.

Допоміжна література

1. V.V. Korokhin, V.G. Kaydash, Yu.G. Shkuratov, D.G. Stankevich, U. Mall. Prognosis of TiO2 abundance in lunar soil using Clementine and LSCC data: nonlinear approach // Planetary and Space Science. -2008, v.56, p.1063-1078.

2. Yu. I. Velikodsky, N. V. Opanasenko, L. A. Akimov, V. V. Korokhin, Yu. G. Shkuratov, V. G. Kaydash, G. Videen, C. Pieters, Sh. A. Ehgamberdiev, N. E. Berdalieva. New earth-based absolute photometry of the Moon // Icarus. -2011. v.214, Issue 1, p. 30-45 (doi:10.1016/j.icarus.2011.04.021).

3. E.V. Shalygin, Yu.I. Velikodsky, and V.V. Korokhin. Formulas of the Perspecitive Cartographic Projection for Planets and Asteroids of Arbitrary Shape. // Lunar and Planet. Sci. 34-rd. Abstract #1946. 2003. LPI. Houston:

   http://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2003/pdf/1946.pdf

4. Korokhin, V.V., Velikodsky, Yu.I., Shalygin, E.V., Shkuratov, Yu.G., Kaydash, V.G., Gorden, V, Retrieving lunar topography from multispectral LROC images. Planetary and Space Science, (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.pss.2014.01.008 .

11. Посиланная на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. www.astron.kharkov.ua
2. http://www.nasa/gov
3. http://wms.lroc.asu.edu/lroc/view_rdr/WAC_GLOBAL
4. Стандартні пакети програм для обробки астрономічних даних: http://www.astronet.ru/db/msg/1166765/node8.html

5. Огляд астрономічних програм для ПК: http://astrodes.com/?page_id=810
6. Програмний комплекс xIRIS: http://www.astron.kharkov.ua/dslpp/iris/xiris.htm
7. The FITS Support Office: http://fits.gsfc.nasa.gov/
8. Эфемеридна служба HORIZONS:
   Основний сайт: http://ssd.jpl.nasa.gov/?horizons
   Web-інтерфейс: http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi#top
9. Пошук даних камери LROC (NAC, WAC), продукти EDR и CDR: http://wms.lroc.asu.edu/lroc/search
10. Пошук LROC RDR продуктів: http://wms.lroc.asu.edu/lroc/rdr_product_select#_ui-id-1
11. WMS Browser: http://wms.lroc.asu.edu/lroc#damoon
12. LROC доступ до результатів по FTP: http://lroc.sese.asu.edu/data/
13. Офіційний сайт SPICE: http://naif.jpl.nasa.gov/naif/index.html
14. SPICE ядра LRO
    Browser: http://starbrite.jpl.nasa.gov/db/servlet/DbSearchServlet?DATA_SET_ID=LRO-L-SPICE-6-V1.0&MISSION_NAME=LUNAR_RECONNAISSANCE_ORBITER
    Доступ по FTP: ftp://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/pds/data/lro-l-spice-6-v1.0/
15. Електронна бібліотека кафедри.